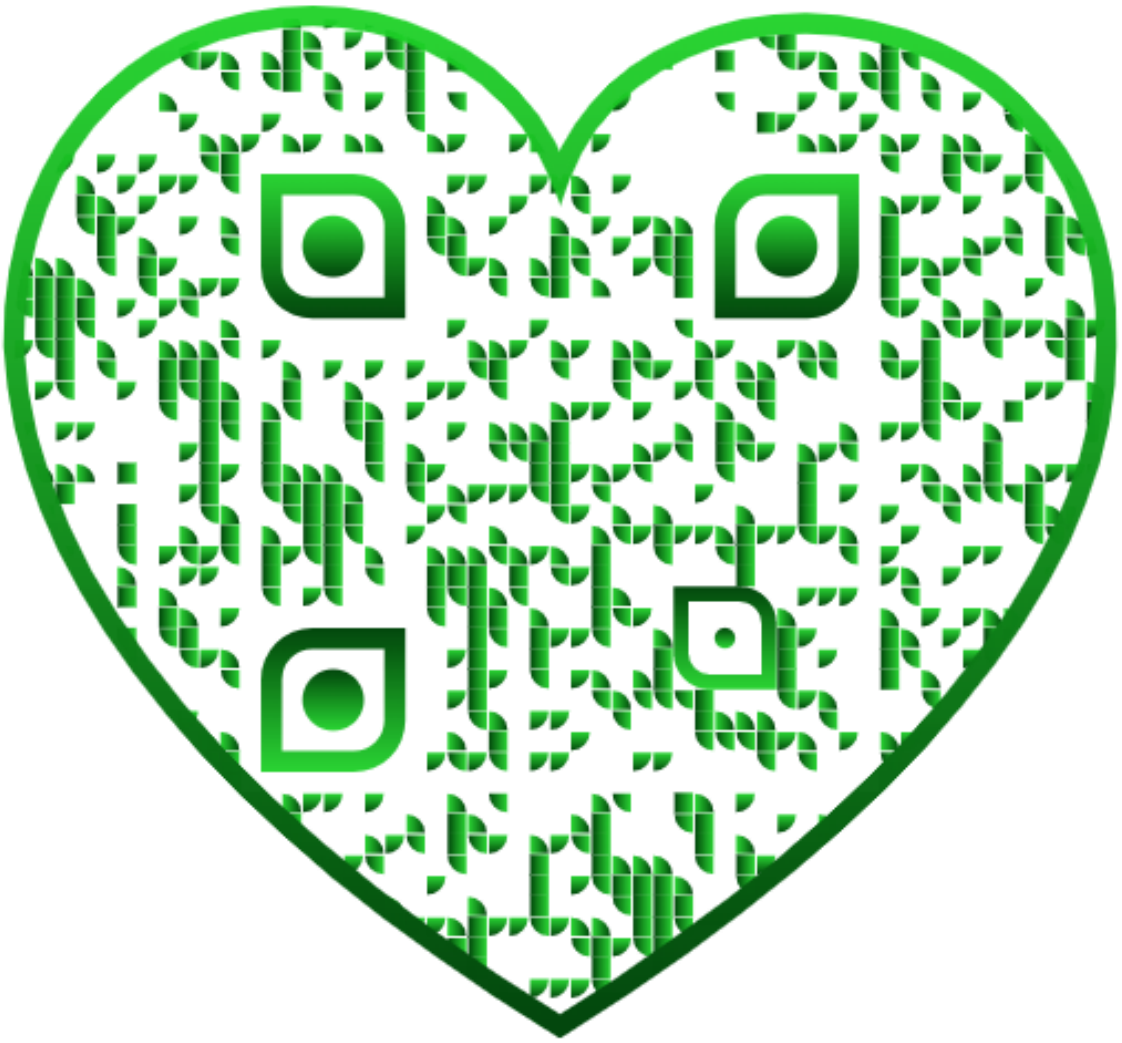
**Published by/ D.T Mahmoud sultan**

For more books and articles join to the channel in Telegram

https://t.me/Mss01098772552

**WhatsApp: 00201098772552**



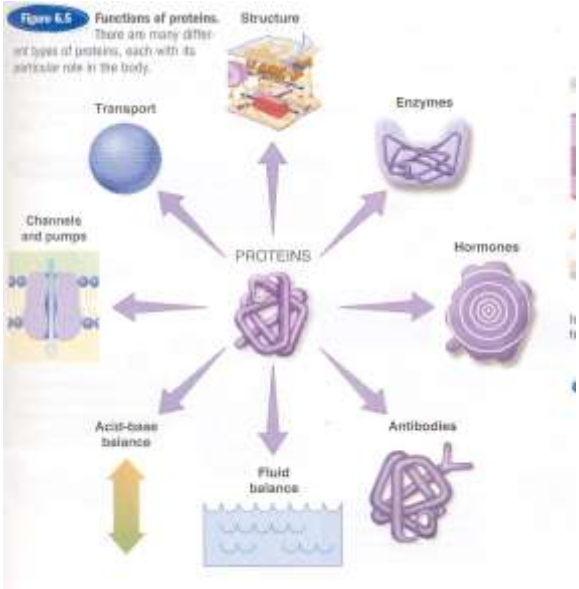
**نعود إليكم مع محاضرتنا الثالثة في هذه المادة ولكن في البداية سننوه إلى أن كافة الصيغ غير مطلوبة وهي فقط للفهم.**

## البروتينات:

**البروتينات**: هي مركّبات مؤلّفة من ذرات C و H و O و N مرتبة في حموض أمينية (AA) وموصولة بسلسلة عديدة الببتيد، كما أن بعض الحموض الأمينية قد تحتوي الكبريت.

- تتصل الحموض الأمينية بمجموعة متنوعة ومختلفة من التسلسلات.
- ثمة الآلاف من البروتينات المختلفة.

### أدوار البروتينات:




- تشكل البروتينات مواد بناء للنمو Growth والصيانة Maintenance.
- تدخل في بنية الأنزيمات والهرمونات.
- تلعب دوراً في تنظيم توازن السوائل، وباختلاله تحدث الوذمة.
- تلعب دوراً في تنظيم توازن الحمض والأساس، واختلاله يسبب حماضاً أو قلاء، حيث هناك دوارئ في الجسم تحافظ على التوازن منها دارئة البروتين .

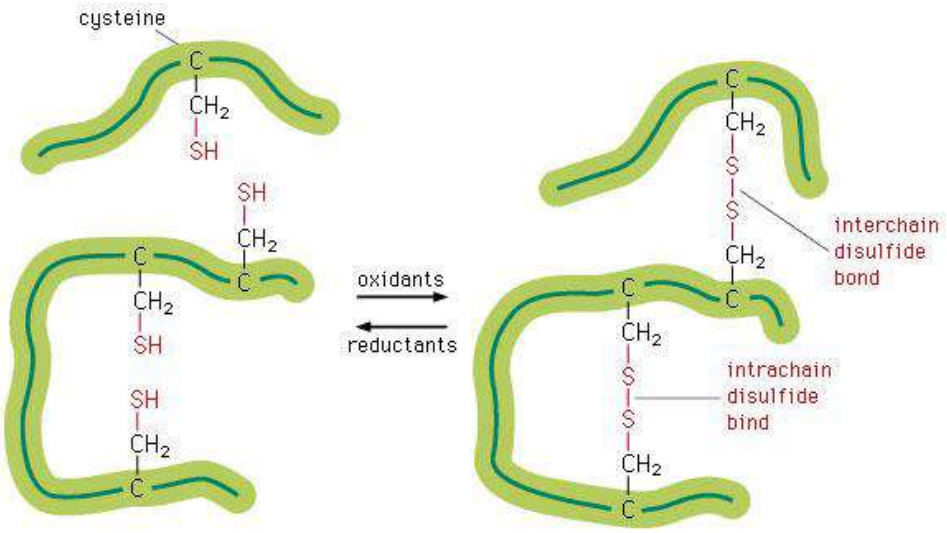
- تلعب دوراً في المناعة، في تشكيل الأضداد والمستضدات.
- تشكل مصدراً للطاقة (كل 1 غ يعطي 4 كيلو كالوري من الطاقة).
- لها وظائف ناقلة مثل الهيموغلوبين (ينقل الأوكسجين)، أو دعامية مثل الكولاجين.

## وظائف بروتينات الطعام:

- ربط الماء، كالجيلاتين والمواد الصلبة الجافة غير الدسمة في الحليب (تشكل هلامات).
- الاسمرار Browning غير الإنزيمي كما في تفاعلات ميلارد الكيميائية (السكاكر المرجعة مع الحموض الأمينية).
- التحلية، كالأسبارتام (وهو ثنائي ببتيد).
- تشكيل البنية، كالغلوتين (الدابوق) في الخبز، وبياض البيض في الميرنغ.

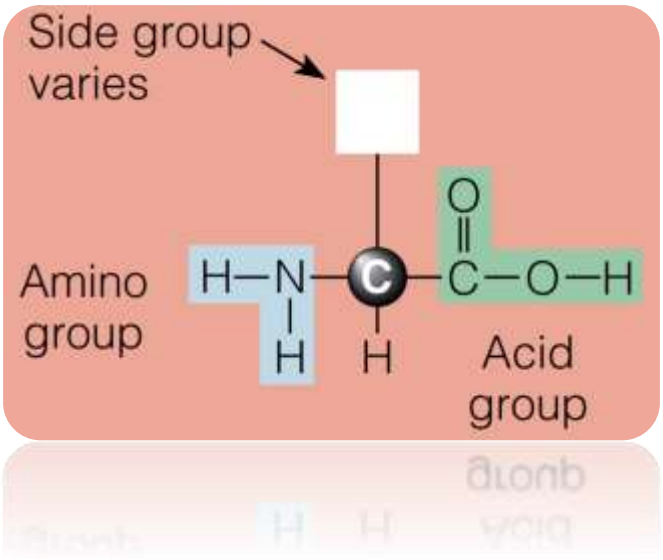
بوجود الخميرة في الخبز ينطلق غاز $CO_2$ الذي يُحتَجز في الشبكة البروتينية للغلوتين، مما يعطي الخبز شكله وانتفاخه. حسب نسبة الغلوتين في عجين الخبز فإنه يمكن تحديد جودة تخمّره وإمكانية رقّه.

**لاحظ تسلسل الأحماض الأمينية في غلوتين القمح، ولاحظ الجسور الكبريتية (الروابط ثنائية الكبريت) المتشكلة فيما بينها. هذه الجسور هي المسؤولة عن تشكيل الشبكة التي تحتجز غاز $CO_2$:**



## بنية الحمض الأميني:

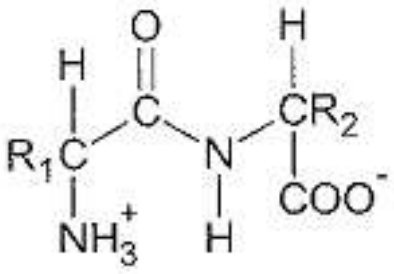
يتألف الحمض الأميني من **وظيفة أمينية** و**وظيفة كربوكسيلية**، بالإضافة إلى مجموعة جانبية يختلف الحمض الأميني باختلافها.




### ويرتبط حمضان أمينيان معاً بالتكثف:

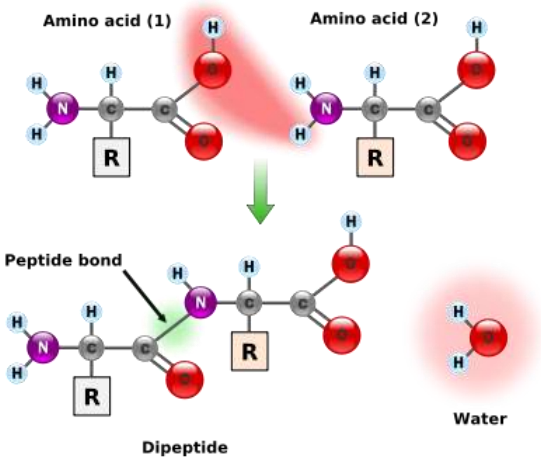
- فإذا ارتبط حمضان أمينيان شكلا ببتيداً ثنائياً Dipeptide.
- وإذا ارتبطت أربعة إلى تسعة شكّلت قليل ببتيد Oligopeptide.
- وإذا ارتبط أكثر من عشرة حموض أمينية شكّلت عديد ببتيد Polypeptide.

ترتبط الحموض الأمينية مع بعضها بروابط أميدية (وتدعى أيضاً الروابط الببتيدية)، فإذا ارتبطت عشرة حموض أمينية أو أقل فإن الناتج يدعى ببتيداً، أما إذا كانت أكثر من عشرة فيُدعى بروتيناً:

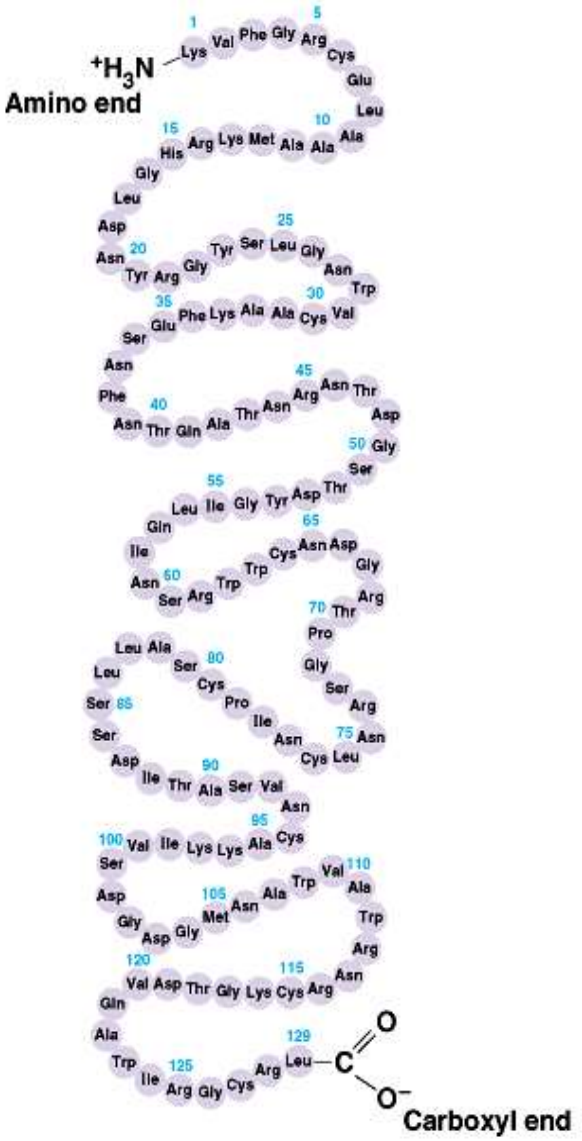


## كيف تتشكل الروابط الببتيدية؟

- تتحد الوظيفة الحمضية مع الحمض الأميني الأول مع الوظيفة الأمينية من الحمض الأميني الثاني فتنتج جزيئة ماء ويتشكل رابط أميدي.




**ويبدو البروتين متألفاً من سلسلة من الأحماض الأمينية كما في الشكل ٣٣**



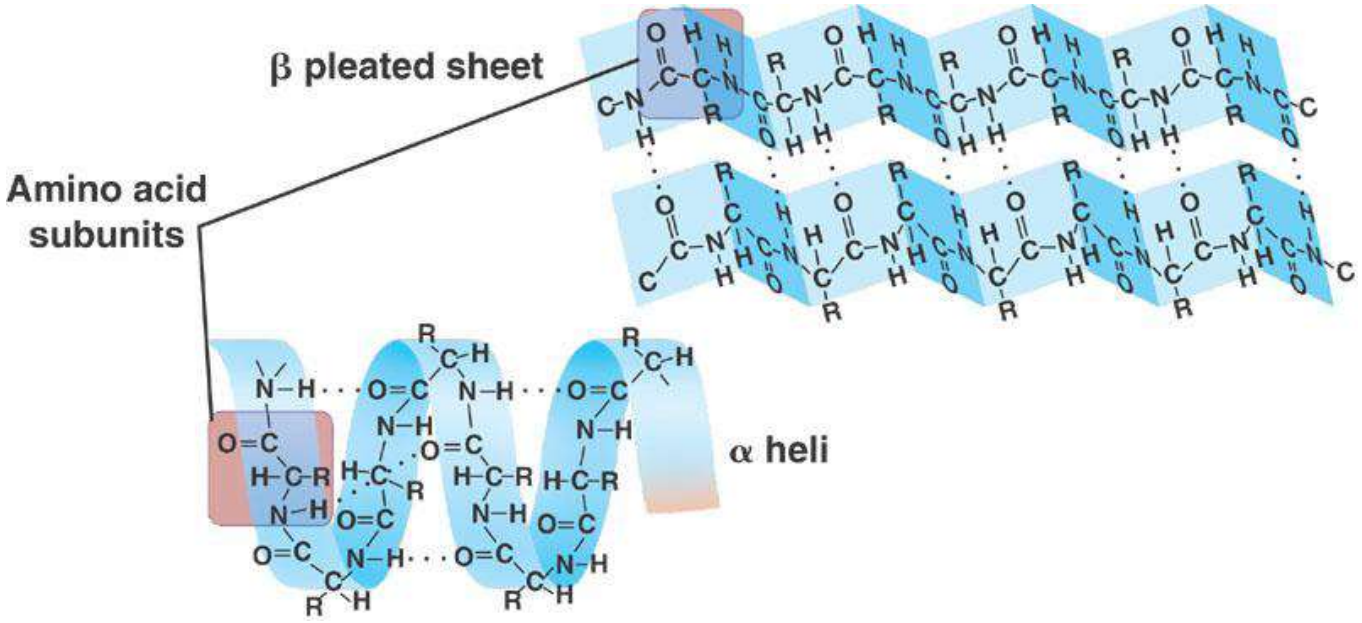

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

❶ تدعى بنية البروتين الموضحة في الشكل **البنية الأولية** Primary structure (تسلسل من الأحماض الأمينية فقط)، إذ أنها لا تشكل المظهر النهائي للبروتين، بل تخضع لعدد من عمليات التطوّي Folding لتحصل على شكلها النهائي.

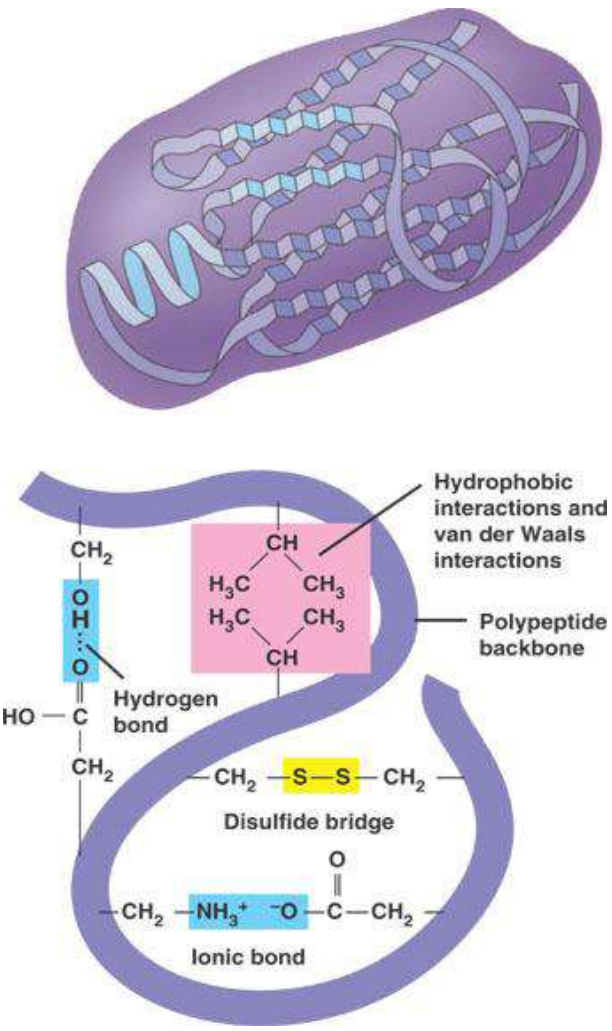
**الرابطة في البنية الأولية هي الرابطة الببتيدية، وهي رابطة قوية.**

❷ حينما تخضع البنية الأولية للتطوي فإنها تعطي إحدى **البنيتين الثانويتين** Secondary structure، الحلزون ألفا ( α - helix) أو الصحائف بيتا (β - sheets)، والسبب في هذه البنى هي **روابط هيدروجينية أو روابط فا ندر فالس** (قُوى لندن أو قوى كه سوم أو قوى ديباي) ضمن سلسلة البروتين.

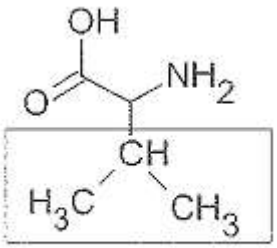
ويبين الشكل التالي الحلزون ألفا والصحائف بيتا، وتمثل الخطوط المنقطعة الروابط الهيدروجينية:




❸لا تبقى سلسلة البروتين في إحدى الشكلين السابقين أيضاً، بل تخضع للمزيد من التطوي لتعطي **البنية الثالثية** Tertiary structure، وتكون الروابط الشاردية هي المسؤولة عن هذه البنية، فحينما يمتلك حمض أميني وظيفة أمينية إضافية مثلاً فإنها تكون قابلة لأن تكسب شحنة إيجابية ($NH_2 \Leftarrow NH^+_3$)، وحينما يمتلك حمض أميني وظيفة كربوكسيلية إضافية مثل الحمض الأميني أسبارتيك أسيد فإنها تكون قابلة لأن تكسب شحنة سلبية ($COOH \Leftarrow COO^-$)، وحينما تلتقي هاتان الشحنتان ضمن سلسلة الحمض الأميني فإنهما تشكلان رابطة شاردية.




قد تتشكل أيضاً **الجسور ثنائية الكبريت** Disulfide bridge (كما يبين السيستئين والسيستئين) التي تسهم كذلك في هذه البنية.

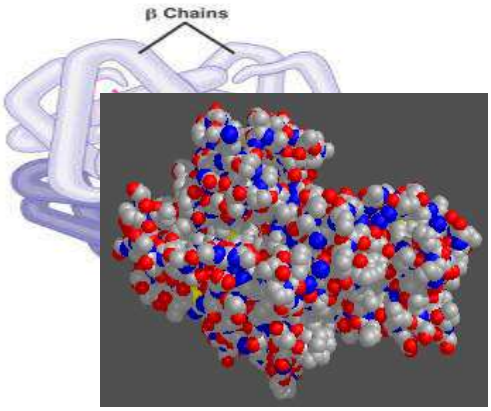


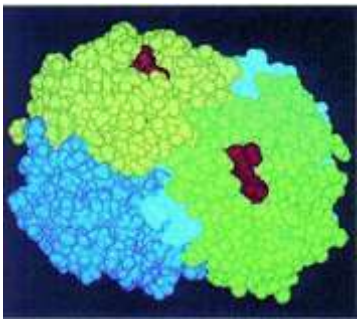
Valine (Val)

**التداخلات الكارهة للماء** قد تلعب دوراً أيضاً في تشكيل البنية الثالثية، فالفالين (كما في الشكل) يمتلك جزءاً غير قطبي كارهاً للماء، فإذا التقى مع فالين آخر فإن الجزأين الكارهين للماء يشكلان تداخلاً كارهاً للماء يسهم في إعطاء البنية الثالثية.

❹قد لا يبقى البروتين أيضـاً ببنيته الثالثية، فتتجمع البنى الثالثية معاً (أو البنى الثـالثيـة مع الثـانويـة مع الأوليـة) لتشـكـل **بنيـة رابعيـة** Quaternary structure، والبنية الرابعية تكون بأخفض وضــع من الطاقة كي تثبت بنية البروتين .

يبين الشــكل الأيســر الذى يمثل الهيموغلوبين والذى يعتبر مثالا لبنية رابعية:

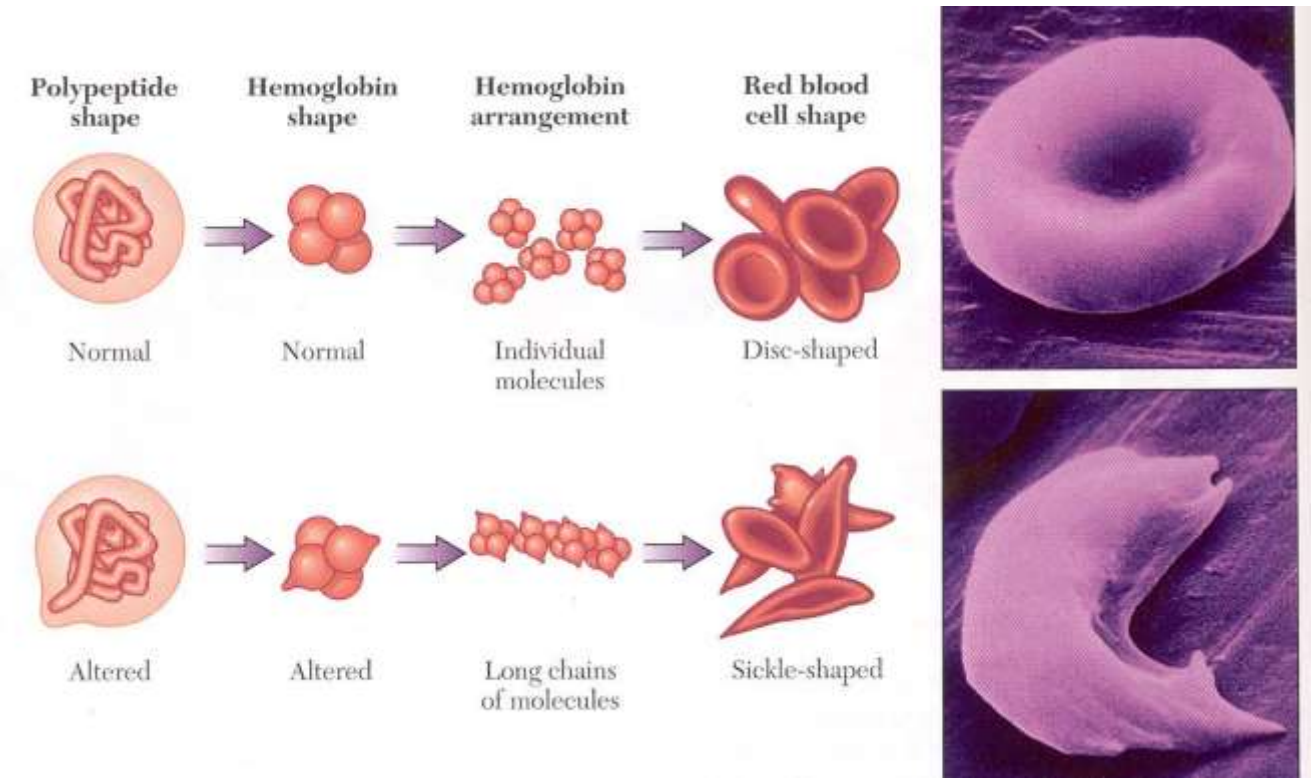


الهيموغلوبين الهكسوكيناز

**ويجب أن نعلم أن** تسلسل الحموض الأمينية لا يكون عشوائياً كيفما اتّفق، بل مضبوطاً بدقة، وإن أي اختلاف في أي حمض أميني يعطي بروتيناً طافراً.

**ففي فقر الدم المنجلي فإن تغييراً في حمض واحد في الهيموغلوبين يســبب تغيراً في شكل الجزيء البروتيني ووظيفته، فيصبح شكل كريات الدم الحمراء منفتلاً distorted:**




## تصنيف الحموض الأمينية في بروتين الغذاء:

**يمكن أن تصنّف الحموض الأمينية في الغذاء إلى:**

A. **أساسية Essential:** (لا يمكن الاستغناء عنها indispensable)، حيث إن اصطناع الجسم منها غير كافٍ ليلبي احتياجاته، لذا يجب الحصول عليه من الغذاء.

B. **غير أساسية Non – essential:** (يمكن الا ستغناء عنها dispensable) إذ يمكن أن تُصطنع في الجسم.

C. **أساسية شرطية Conditionally essential:** (لا يمكن الا ستغناء عنها)، أي إنها غير أ سا سية لكنها تصبح كذلك في شروط محددة، **فمثلاً** يعتبر الفينيل ألانين حمض أميني أساسي لا يمكن للجسم اصطناعه ويجب الحصول عليه من الغذاء، وهو يتحول بإنزيم الفينيل ألانين هيدروكسيلاز إلى تيروزين، لذا يعتبر التيروزين غير أ سا سي لأن للجسم القدرة على ا صطناعه، ولكن في حالة مرض بيلة الفينيل كيتون phenylketonuria (PKU) الذي يتميز بعوز الإنزيم السابق فإن الجسم يغدو غير قادر على تصنيع التيروزين في هذه الحالة يعمل أنزيم الترانس

أميناز ويشـــكل الفينيل بيروفات فتتشـــكل PKU(بيلة الفينيل كيتون)، وبالتالي **فإن التيروزين** يعتبر في هذه الحالة أساسياً شرطياً.

فكره يجب أن نعلم بها!!!

- يتحول التيروزين في الجســـم إلى التيروكســـين والدوبامين والميلانين وبالتالي ينتج عن بيلة الفينيل كيتون يوريا نقص التصبّغ (بسبب نقص الميلانين)، وقصور النمو (بســـبب نقص التيروكســـين) مترافقة مع تراكم الفينيل ألانين الذي يعطي رائحة الفينيل كيتون في البول، وإذا اســـتمر هذا التراكم فإنه ينتهي بالتخلّف العقلي.

- الحمية الخالية من الفينيل ألانين هي العلاج المناسب لهذا المرض، وهي حمية صـــعبة جداً ولايوجد تقريباً غذاء إلا ويحوي فينيل ألانين لذلك في حالة الحمية لا يجب أن يزيد معدل الفينيل ألانين عن 6ملغ/دل، فيجب دائماً معايرة الفينيل ألانين بالدم، لكن ظهر مؤخراً دواء يعطى ليحل محل الإنزيم المعوز يدعى السابروبتيرين (كوفان تجارياً Kuvan) يقوم بتحويل الفينيل ألانين إلى تيروزين.

وتتضمن الحموض الأمينية الأساسية ما يلي:

الميتيونين (والسيستئين، الميتيونين ضروري لاصطناع السيستئين)، الفينيل ألانين (والتيروزين، الفينيل ألانين ضروري لاصطناع التيروزين)، التريونين، التربتوفان، الهيستيدين (وهو أساسي عند الأطفال فقط إذ يمكن للبالغين تصنيعه)، اللوسين، الإيزولوسين، الليزين، الفالين.

بينما تتضمن الحموض الأمينية غير الأساسية ما يلي:

الأســـبارجين، حمض الأســـبارتيك، حمض الغلوتاميك، الغلوتامين، الألانين، الأرجينين، الغليســـين، البرولين، السيرين، بالإضافة إلى السيستئين والتيروزين.

⇐و عند تناول غذاء خال من الميتيونين يصبح السيستئين أساسياً شرطياً.

# تقسيم الحموض الأمينية:

## ١ ـ ذات السلاسل الجانبية الأليفاتية غير القطبية:

- الألانين. - الغليسين.
- اللوسين. - الإيزولويسين.
- الميتيونين. - الفالين.

## ٢ ـ ذات السلاسل الجانبية القطبية غير المشحونة (المحبّة للماء):

- الأسبارجين. - السيستئين*.
- الغلوتامين. - البرولين.
- السيرين. - التريونين.

## ٣ ـ ذات السلاسل الجانبية المشحونة إيجاباً**:

- الأسبارجين. - الهيستيدين.
- الليزين.

## ٤ ـ ذات السلاسل الجانبية المشحونة سلباً**:

- حمض الأسبارتيك. - حمض الغلوتاميك.

## ٥ ـ ذات السلاسل الجانبية العطرية:

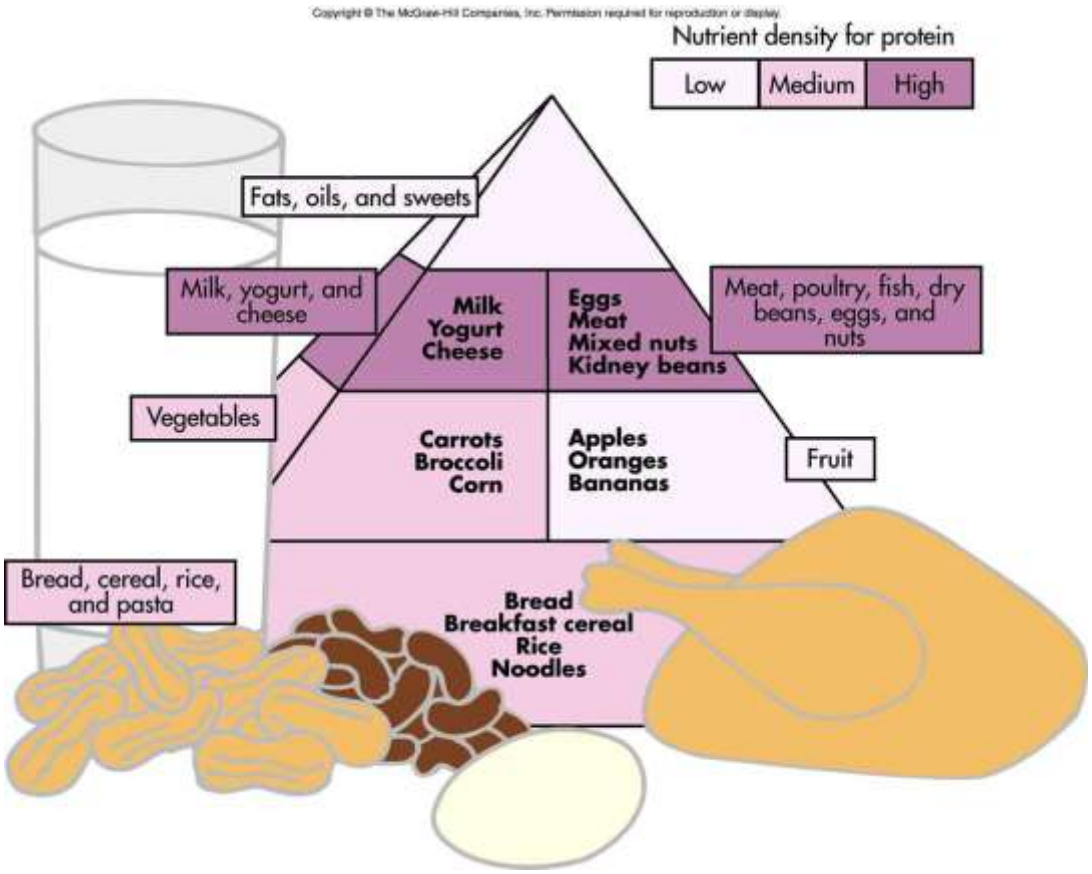
- الفينيل ألانين. - التربتوفان.
- التيروزين.

* السيستئين يحوي مجموعة SH القطبية غير المشحونة.

** تأتي الشحنة الإيجابية من $NH^{+}_{3}$ والسلبية من $COO^{-}$.

# مصادر البروتين في الغذاء:

تكون مصادر البروتين إما❶ نباتية (حبوب، بقول) أو ❷حيوانية (حليب، بيض، جبن، لحم).




**وسنركز على بروتينات البيض والحليب، و يبيّن الجدول الآتي بروتينات البيض ونسبها المئوية:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1.5 | Ovomucine | 54 | Ovalbumine |
| 0.8 | Flavoproteine | 13 | Conalbumine |
| 0.5 | Ovoglycoproteine | 11 | Ovomucoide |
| 0.5 | Ovomacroglobuline | 4 | Lysozyme |
| 0.1 | Ovoinhibiteur | 4 | Ovoglobuline G3 |
| 0.5 | Avidine | 4 | Ovoglobuline G2 |

## بروتينات البيض:

إن صفار البيض مهيأ ليصبح جنيناً، وتكون وظيفة بياض البيض حمايته وتغذيته أي (فارماكولجية وغذائية) ، والغاية من التركيز على بروتينات البيض هو أن **لأربعة منها دوراً حيوياً:**

- بروتين الكونالبومين Conalbumine: (والذي يدعى الأوفوترانسفرين Ovotransferrin) له القدرة على ربط شوارد الحديد، وبالتالي يحرم الجراثيم من الاستفادة منها، ولهذا فإن له تأثيراً مضاداً للميكروبات.

- بروتين الليزوزيم Lysozyme: بروتين قادر على حل الرابط N – أسيتيل مروراميك N-acetylmuramic الموجود في غلاف الخلايا الجرثومية مما يؤدي إلى تحلّلها فقتلها، وبالتالي فإن له فاعلية مضادة للجراثيم أيضاً.

**يوجد الليزوزيم بأضعاف مضاعفة في حليب الأم عنه في حليب الأبقار.**

- بروتين الأفيدين Avidine: يمتلك القدرة على الارتباط بالبيوتين (الفيتامين B7) فيحرم الجراثيم أيضاً من الاستفادة منه وهو الضروري لحياتها، وبالتالي فإن له فاعلية مضادة للميكروبات أيضاً.

- بروتين الأوفوموكوئيد Ovomucoide: (والذي يدعى أيضاً مخاطين البيض) مثبط للتربسين Trypsin inhibitor، وله دور مضاد فيروسي Antiviral.

**لكن إذا كان للكونالبومين القدرة على الارتباط بالحديد وللأفيدين القدرة على الارتباط بالبيوتين، فهل يخسر البشر هذين العنصرين عند تناول البيض؟.**

الجواب: كلا، فهذان البروتينان يتخربان بالحرارة التي تستخدم لسلق البيض أو قليه، أما عند تناول البيض نيئاً فإنهما قد يكونان ما يزالان موجودين وقد تحدث خسارة للحديد أو البيوتين جراء ذلك :/ يضاً يخاف من البيض النيء من تلوثه بالسالمونيلا لذلك البيض المسلوق هو الأفضل.

**☜ أما بالنسبة إلى بروتينات الحليب:**

فعدا عن البروتين الأساسي فيه **وهو الكازئين**، فإن الحليب يحتوي بروتين (إنزيم) اللاكتوبيروكسيداز Lactoperocidase (LP) (بروتين سكري) وهو إنزيم يحتوي ذرة حديد له دور مضاد جرثومي يسهم في حفظ الحليب النيء (إذ إن الحليب غني بالماء وذو pH معتدلة فيكوكن عرضة بشكل كبير للنمو الجرثومي)، ويكون الحفظ عن طريق ما يدعى «جملة اللاكتوبيروكسيداز»، وهي جملة تحتاج شاردة التيوسيانات والماء الأوكسجيني بوجود اللاكتوبيروكسيداز لتعطي هيبو التيوسيانات(وهي التي لها دور مضاد للجراثيم ) والماء:

$$SCN + H_2O_2 \xrightarrow{\text{Lactoperoxidase}} OSCN + H_2O$$

يتم استحصال الماء الأوكسجيني من تفاعل الغلوكوز أوكسيداز مع الأوكسجين أيضاً بتأثير بعض العصيات مثل عصية حمض اللبن Lactic acid، بينما تكون شوارد التيوسيانات موجودة أصلاً في الحليب لكنك مقدارها فيه يتعلق بطريقة الرعي ونوع الحليب

وقد تم استخدام اللاكتوبيروكسيداز في صناعة مراهم مضادة للبكتيريا مؤخراً، اللاكتوبيروكسيداز يتخرب بحرارة أكبر من 80 لذلك عند غلي الحليب يتخرب لكن بحرارة 63يبقى موجود وهي حرارة البسترة.

اضاءة^^!: في الدول الدافئة يخافون من تخرب الحليب لذلك تضاف هذه الجملة للحليب التيوسيانات على شكل بودرة و$H_2O_2$على شكل بيروكسيد الصوديوم مع اللاكتوز بيروكسيداز فتعطي التأثير القاتل للجراثيم.

من البروتينات الأخرى في الحليب بروتين اللاكتوفيرين Lactoferrin وهو بروتين سكّري (غليكوبروتين) له دور في ربط شوارد الحديد، وهو موجود في حليب الأم بكميات كبيرة وبالتالي يسهم في إمداد الرضيع بكميات وافرة من الحديد، ولذلك فإن التغذية الأمومية في بداية حياة الرضيع كافية لإمداده بالمقدار الذي يحتاجه منه *_*.

**يحتوي حليب الأم 2 – 4 ملغ/مل من اللاكتوفيرين بينما يكون تركيزه في حليب البقر bovine milk حوالي 0.1 – 0.3 ملغ/مل.**

**يشابه اللاكتوفيرين في آلية فعله آلية الكونالبومين في البيض، فهو مضاد للبكتيريا أيضاً.**

## تصنيف البروتينات:

**يمكن تقسيم البروتينات إلى مجموعتين:**

١ - **البروتينات المتجانسة Homoproteins:** والتي تحتوي على حموض أمينية فقط، وتضم:

☜ **البروتينات البسيطة Simple proteins:** تسفر عند الحلمهة عن حموض أمينية فقط، وتتضمن الأصناف الآتية:

- **الألبومينات** Albumins.
- **الغلوبولينات** Globulins.
- **الكولاجينات** Collagens.
- **الفبرينات** Fibrins.

٢ ـــ **البروتينات المتغايرة Heteroproteins:** والتي تحتوي أجزاء إضافية غير بروتينية أو زمراً ضميمة prosthetic group وتضم:

☜ **البروتينات المقترنة Conjugated proteins:** وهي التي تحتوي جزءاً من حموض أمينية مقترناً مع مواد غير بروتينية مثل اللبيدات أو الحموض النووية أو الكربوهيدرات، بعض البروتينات المقترنة الأساسية هي ما يلي:

- **الفوسفوبروتينات** Phosphoproteins (مثل الكازئين).
- **الليبوبروتينات** Lipoproteins (مثل HDL، VLDL، LDL).
- **النوكليوبروتينات** Nucleoproteins.
- **الغليكوبروتينات** Glycoproteins.
- **الكروموبروتينات** Chromoproteins (البروتينات الصباغيّة كالهيموغلوبين يحوي ذرة حديد في بنيته).

## تمسخ البروتينات:

**تتمسخ البروتينات بفعل:**

- **عوامل فيزيائية:**
  - التسخين Heating.
  - التبريد Cooling.
  - المعالجة الآلية Mechanical treatment.
  - الضغط الهيدروستاتيكي Hydrostatic pressure.
  - الإشعاع Radiation.
- **عوامل كيميائية:**
  - الحموض Acids.
  - القلويات Bases.
  - المعادن Metals.
  - المحلاّت العضوية Organic solvents.

**يعني التمسّخ تفكك البنية الرابعية أو الثالثية أو الثانوية[1] للبروتين بسبب تفكك الروابط الهيدروجينية وروابط فاندرفالس، لكن البنية الأولية تبقى على حالها، لأن الرابطة الببتيدية رابطة قوية، فيتحول البروتين من وظيفي إلى غير وظيفي بسبب تبديل البنية ثلاثية الأبعاد الخاصة به(أي الذي يتغير هو شكل البروتين لكن بنيته تبقى حموض أمينية).**

**لا يكون التمسخ أمراً غير مرغوب دائماً، فإذا كان البروتين الغذائي متمسخاً فإن الإنزيم الهاضم له سيعمل عليه بشكل أفضل وأسهل، ولذلك يكون هضم البيض المسلوق أسهل من هضم البيض النيئ (بينما يكون حفظ البيض النيئ أسهل من حفظ البيض المسلوق لأن البروتينات الحيوية**

[1] ( قد تتمسخ وقد تبقى)

التي سبق ذكرها ما تزال فعّالة [كالكونالبومين والأفيدين]، بينما تكون قد فقدت فاعليتها بحرارة السلق). بالتالي نجد أن التمسّخ أمر إيجابي فيما يخص عملية هضم البروتينات.

لكن بالمقابل فإن تمسّخ البروتين يعني فقد وظائفه المنوطة به، فمثلاً لا يمكن الاستفادة من خواصّ البيض المخفوق لصنع الكيك إلا إذا كان نيئاً، إذ يتعذر استخدام البيض المسلوق في إعداده.

**كمثال آخر:** نعلم أن معظم مركبات الجهاز المناعي هي بروتينات، وبالتالي فإن تمسخها يعني فقدان الوظيفة المناعية وهو أمر غير مرغوب إطلاقاً.

**وعلى النقيض من ذلك، وكمثال آخر:** تقوم ربّات المنازل بسلق الأنغنار (الأرضي شوكي) قبل حفظه، حيث إن السلق يخرّب الإنزيمات المسؤولة عن إحداث الاسمرار الإنزيمي له، وبالتالي فإن فقد وظيفة البروتين أصبح أمراً مرغوباً في هذه الحالة.

**مما سبق نستنتج أن^^!**

**تمسّخ البروتين قد يكون مرغوباً وغير مرغوب، بحسب الغاية من ذلك.**

وقد يكون تمسّخ البروتين عكوساً أو غير عكوس، فإذا تمسّخ البروتين وتحوّل إلى بنيته المفرودة، ثم زال العامل الذي أدى إلى التمسخ فإن البروتين يمكن أن يعود إلى ما كان عليه (أي قابل للعكس ومثال عليه عند تسخين الحليب ومن ثم تبريده **أما** في حالة تحول الحليب إلى جبن يتخرب الأنزيم الذي يحول الفينيل ألانين إلى ميتونين فيرسب الكازئين).

لكن أحياناً عند فرد البروتين فإنه قد تنكشف وظائف SH مطمورة، فإذا التقت وظيفتان لم تكونا في البنية الأَلية على اتصال وأصبحتا بعد الفرد على اتصال فإنهما ستشكلان جسراً ثنائي الكبريت فيكتسب البروتين شكلاً جديداً ويكون التمسّخ غير عكوس عندئذ

**فتشكّل جسور ثنائية الكبريت يجعل التمسخ غير عكوس.**

**ونعدد الآثار المجملة للتمسّخ على البروتين:**

١ ـ يقلل التمسخ ذوبانية البروتين.

٢ ـ يبدل التمسخ قياس البروتين وشكله.

٣ ـ يكسب التمسخ البروتين تفاعلية reactivity أكبر (فتفاعلات البنية المفرودة تكون أسهل).

٤ ـ يقلل التمسخ فاعلية البروتين الحيوية (كالإنزيمات والبروتينات المناعية).

٥ ـ يزيد التمسخ الحساسية للكهارل.

## كم نحتاج من البروتينات؟

يحتاج البالغون 0.8 غ لكل كغ من وزن الجســـم في اليوم، فإذا كان بالغ يزن 70 كغ فهو يحتاج 56 غراماً من البروتين يومياً.

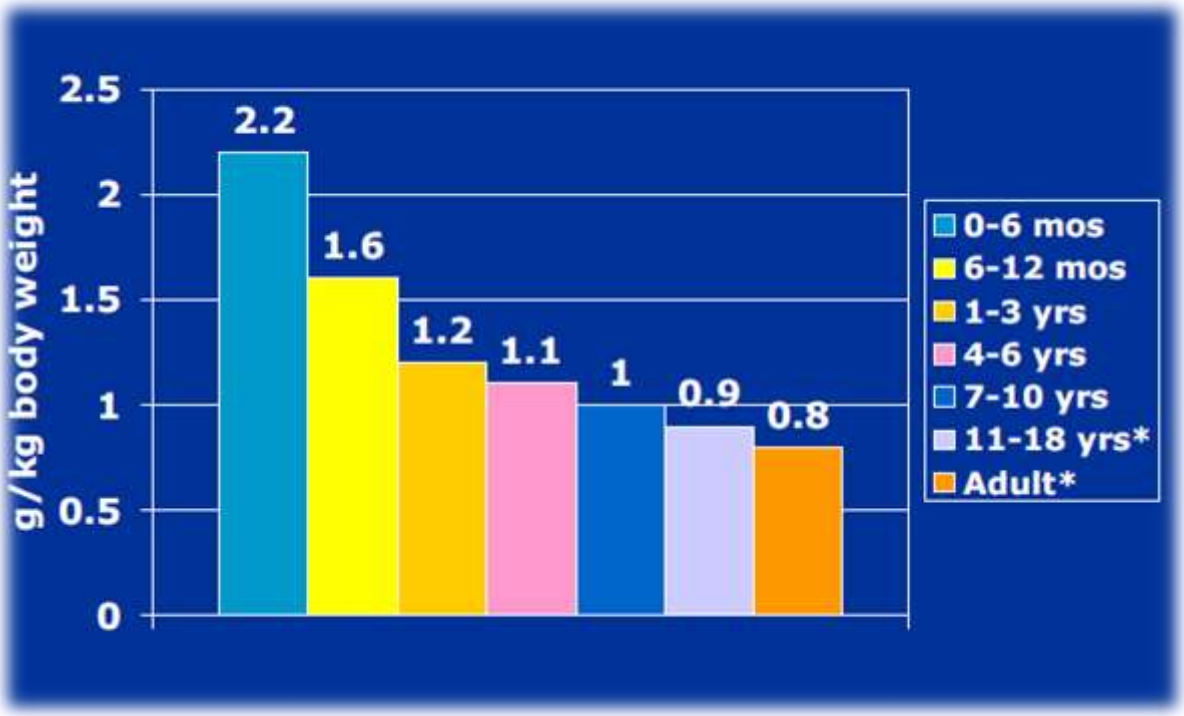
(ضربنا 70×0.8).

**ملاحظة *_*:** في حال أعطينا الوزن بالباوند في الامتحان وللتحويل من الباوند ←كغ نقســـم على 2.2

مثال: شخص وزنه 154باوند نقسم على 2.2 =70

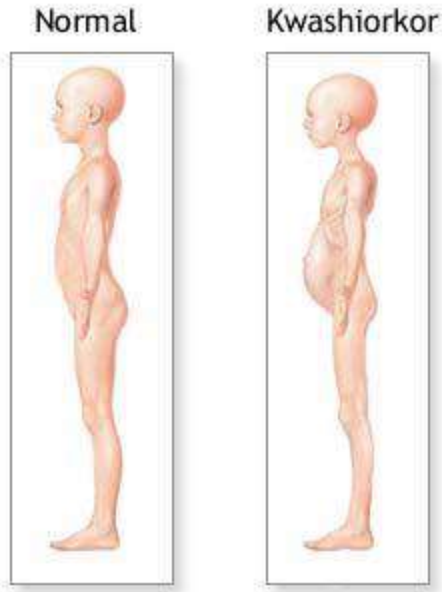
70×0.8=56g

تزداد الحاجة عند الرياضيين Athletes والحوامل، وتزداد أيضاً عند الأطفال لأنهم في طور النمو، فتصبح الحاجة لدى الأطفال 2.2 غ/كغ/يوم.



## عوز البروتين:

- حينما يقتصر الغذاء على مصادر الطاقة فقط كالسكريات والدسم دون احتوائه على البروتين فإن ذلك يؤدي إلى الإصابة بداء كواشيوركور Kwashiorkor (احتباس سوائل وحبن ) لأن من وظائف البروتين توازن السوائل فإذا اختل البروتين يختل التوازن ويؤدي لحبن الذي ينتج عن التناول غير الكافي للبروتين، **وتتجلّى أعراضه** بالتعب والوذمة (احتباس السوائل) وهُزال العضلات muscle wasting مع تضخّم الكبد liver enlargement، بالإضافة إلى نقص تصبّغ الجلد.



- أما إذا كانت التغذية سيئة بشكل عام لا تحوي مصادر طاقيّة أخرى (لا سكّريات ولا دسماً ولا بروتيناً) فإننا نكون أمام مرض يدعى **سوء التغذية بالبروتين والطاقة** Protein – energy malnutrition (PEM)، أو ما يعرف بداء السغَل Marasmus (نراه بالمجاعات).

## تحديد البروتينات:

طالما أن البروتينات تتكون من أحماض أمينية، وطالما أن الحمض الأميني يحوي وظيفة أمينية فإن بالإمكان معايرة البروتينات عن طريق معايرة محتوى النيتروجين فيها.

### تتضمن طرق معايرة البروتينات ما يلي:

#### ١. طريقة كليدال Kieldahl's method:

تعتمد هذه الطريقة على تحرير نيتروجين البروتين، وتحويله إلى أمونيا $NH_3$ بعملية هضم بحمض الكبريت الكثيف والتسخين وإضافة كبريتات البوتاسيوم لرفع درجة الغليان(ترفع الحرارة من 337إلى 373) مع وسيط[٢] لتسهيل عملية الهضم، وفي نفس الوقت يتأكسد الكربون والهيدروجين إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء.

يتم الهضم في أنبوب مصنوع من البيركس(أنبوب كيلدال)، ثم يوضع في وحدة الهضم (علبة معدنية تضم مكاناً لست أنابيب)، وتوضع الوحدة تحت داخون hood(مخلية للهواء) يسحب الأبخرة المتشكلة لئلا تزعج رائحتها العامل(تنتج أبخرة خطيرة )، في بداية عملية الهضم يكون اللون أسود وتنتهي عندما يتحول إلى رائق وتستغرق العملية حوالي ساعتين.

- بوجود حمض الكبريت Sulfuric acid $H_2SO_4$ فإن الأمونيا تلتقط هيدروجيناً مشكلة كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$، بعد الهضم نأخذ الأنبوب ونضعه في جهاز كيلدال.
- بعد ذلك يضاف هيدروكسيد الصوديوم المركّز Concentrated NaOH إلى محلول كبريتات الأمونيوم وحمض الكبريت، مما يرفع الـ pH محولاً الأمونيوم إلى أمونيا $NH_3$.
- حينما تُسخن العينة المحتوية على الأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم وكبريتات الصوديوم فإن الأمونيا تنطلق بشكل غاز.
- يمكننا تكثيف غاز الأمونيا وإدخاله في سائل يحتوي حمض البور Boric acid ومشعراً لقياس الـ pH. تدعى هذه المرحلة **مرحلة التقطير**، وتجري في وحدة التقطير، المشعر المستخدم هو أحمر

[٢] الوسيط: سابقاً كان يستخدم أوكسيد الزئبق لكن لخطورته الصحية استعيض عنه بالنحاس لكنه لم يأت بنتائج جيدة، فكانت أفضل طريقة (سيلينيوم أو تيتانيوم دي أوكسيداز)،

الميتيل (أحمر في الوسـط الحمضـي، فما يحدث أن حمض البور يتحول بوجود النشـادر إلى بورات الأمونيوم، ذات الصفة القلوية، فيتحول لون المشعر من أحمر إلى أصفر.

- المرحلة الثالثة **هي مرحلة المعايرة**: تتم معايرة بورات الأمونيوم حتى نقطة نهاية المعايرة باسـتخدام حمض كلور الماء، ويجب أن نكون على علم بنظامية normality حمض كلور الماء المستخدم ⟵حيث يزيح حمض كلور الماء حمض البور من ملحه فيتحرر حمض البور ويرجع الوسط حمضياً، فيعود اللون أحمر وهي نقطة نهاية المعايرة.

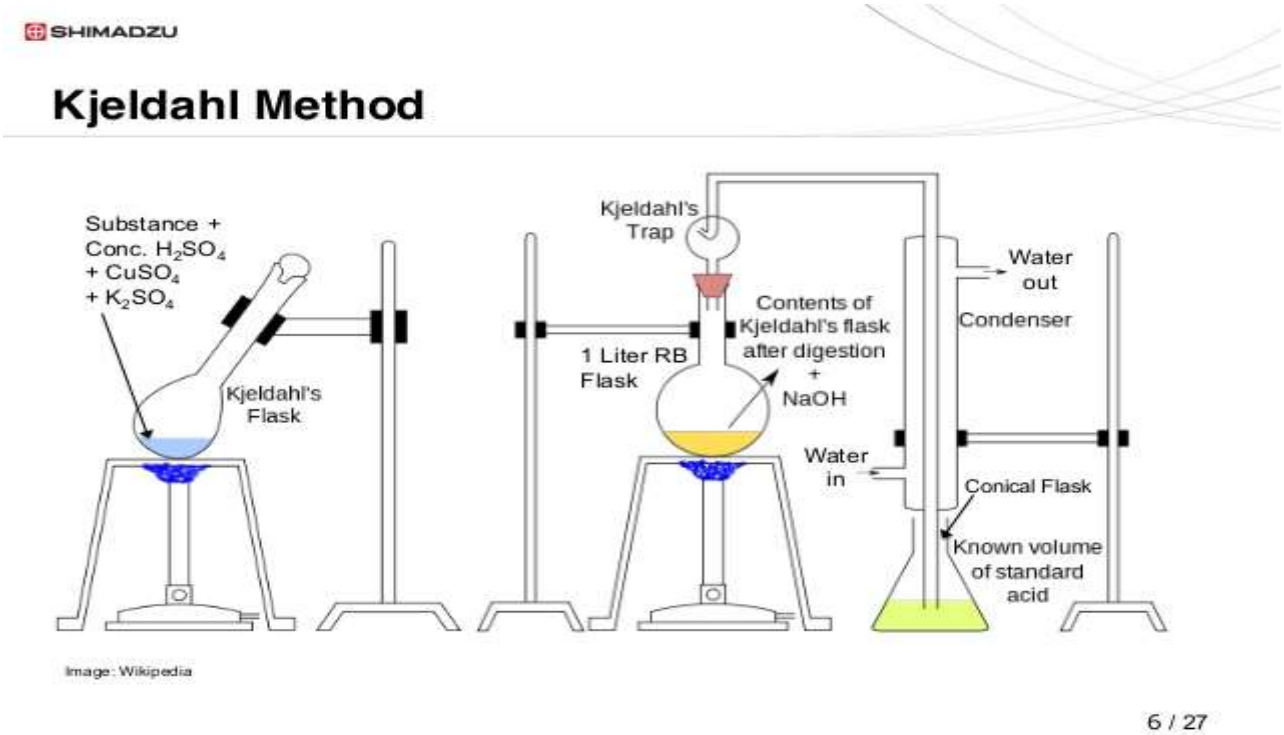
**فإذاً تتضمن طريقة كليدال:**

أ ـــ الهضـم بالحمض Digestion with acid والتحفيز Catalysis: نحصـل منه على كبريتات الأمونيوم.

ب ـ التقطير بالبخار والقلوي Distillation with steam and alkalil: تتشكل البورات.

جـ المعايرة بالحمض والمشعرات Titration with acid and indicators:

بورات+HCL⟵حمض بور من جديد.



## ❄ تفاعلات طريقة كيلدال:

$$Protein + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)SO_4 \quad (Digestion)$$

$$NH^+_4 + NaOH \rightarrow steam\ \&\ heat \rightarrow NH_3 \uparrow + H_2O \quad (Distillation)$$

$$NH_3(1) + H_3BO_3 \rightarrow NH_4^+ + H_2BO_3^- \quad (trapped)$$

$$H_2BO^-_3 + HCl \rightarrow H_3BO_3 \quad (Titration)$$

**إن عدد مولات HCl المستخدمة = عدد مولات البورات = عدد مولات $NH_3$ المتشكلة = عدد ذرّات النيتروجين في العينة، وبالتالي فإن كل مول من HCl يعبّر عن ذرة نيتروجين واحدة:**

**كل 1 مول 1 HCl نظامي يعادل 1 مول من ذرات النيتروجين = 14 غ**

**كل 1 ليتر 1HCl نظامي يعادل 14 غ من النيتروجين**

**كل 1 مل 1HCl نظامي يعادل 0.014 غ من النيتروجين**

**كل 1 مل 0.1HCl نظامي يعادل 0.0014 غ من النيتروجين**

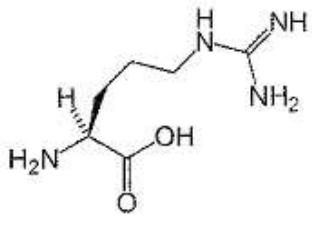
**المصروف من 0.1 HCl نظامي يعادل x غ من النيتروجين**

$$x = y \times 0.0014\ g$$

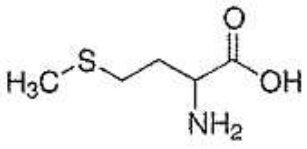
**وهو مقدار النيتروجين في العينة، ثم نقسّم على وزن العينة لنحصل على كمية الآزوت في 1غ، ثم نضرب ـ 100 للحصول على كمية النيتروجين في 100 غ من العينة:**

$$\frac{y \times 0.0014}{\text{وزن العينة}} \times 100 \quad (*)$$

**إن كل 100 غ من البروتين تحتوي 16٪ من النيتروجين، وبالتالي فإن نتيجة العلاقة (*) تُضرب بـ 100 وتُقسم على 16، وبما أن $\frac{100}{16} = 6.25$ فيمكن الضرب مباشرة بـ 6.25، حيث يُعد هذا الرقم عامل تصحيح، وهو عامل تصحيح عام حتى نحول النتيجة من آزوت إلى بروتين، لكن لكل بروتين عامل تصحيح خاصاً به بحسب مقدار النيتروجين فيه (فالأرجينين يحتوي 4 ذرات نيتروجين، أما الميتيونين فيحتوي ذرة واحدة فقط).**



الأرجينين



الميتيونين

**بعض الأمثلة عن عوامل التصحيح:**

يمتلك الأرزّ عامل تصحيح 5.95، والقمح والمعكرونة 5.70، والحليب 6.38 والجيلاتين 5.5، والنخالة 6.31، والمكسرات والقلوب5.46 ، والصويا 5.71، والحبوب كاملة الحبة 5.83.

❄ **محاسن طريقة كيلدال:**

- قابلة للتطبيق في معظم عينات الطعام، فجميع مخابر التغذية تستخدمها.
- بسيطة.
- غير مكلفة.
- مقبولة كطريقة رسمية.
- يمكن أن تقيس ميليغرامات البروتين.

❄ **مساوئ طريقة كيلدال:**

- تقيس إجمالي النيتروجين لا البروتين (ويمكن للنيتروجين ألا يكون قادماً من البروتين، التيامين والكلوروفيل مثلاً يحتويان على نيتروجين).
- مستهلكة للوقت، إذ تحتاج ساعتين على الأقل.
- دقّتها ضعيفة إذا ما قورنت بطرق أخرى.
- طريقة أكالة Corrosive (خطيرة).

## ٢. طريقة نسلر Nessler method:

بدلاً من المعايرة بالحمض، فإن الأمونيا أو النيتروجين يمكن أن يحددا كمّياً باستخدام كاشف نسلر (رابع يود الزئبق والبوتاس) في وسط قلوي، وينتج معقد ذو لون برتقالي عند إضافته، ويمكن أن يقاس التركيز عند طول موجة $\lambda = 380\ nm$:

$$NH_4OH + 2HgI_2 + 2KI + 3KOH \rightarrow NH_4Hg_2I + 7KI + 4H_2O$$

- حيث $NH_4HgI_2$ هو يود ثنائي زئبق الأمونيوم.

لا تستخدم كثيراً وهي أيضاً تعتمد على النتروجين

## ٣ـ طريقة القطب النوعي Specific electrode method:

لمعايرة شوارد الهيدروجين نستخدم قطب هيدروجين وهو غشاء نصف نفوذ داخله توجد شوارد الهيدروجين، ولمعايرة شوارد الفلور نستخدم قطب فلور، ولمعايرة شوارد الأمونيوم نستخدم قطب أمونيوم ذا غشاء شفّاف نفوذ يحوي في داخله محلولاً معلوم التركيز من شوارد الأمونيوم، وعند وضعه ضمن محلول للأمونيوم يحدث عبور لهذه الشوارد فينشأ اختلاف في فرق الكمون يمكن قياسه، **وهذا ما يدعى طريقة القطب النوعي.**

نورد معادلات التفاعلات التي تحدث في هذه الطريقة، وقانون نرنست:

$$NH_3 + H_2O \overset{\leftarrow}{\rightarrow} NH^+_4 + OH^-$$

$$E = E_0 - \frac{2.303RT}{F\log[NH_3]} \; : \; \frac{2.303RT}{F} = 59.2$$

$$\Rightarrow E = E_0 - 59.2 \log [NH_3]$$

حيث:

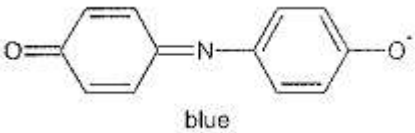
* R: ثابتة الغازات العامة.
* T: درجة الحرارة المطلقة.
* F: عدد فارادي.

إن المقدار $\frac{2.303RT}{F}$ ثابت ويساوي 59.2، وبالتالي فإن فرق الكمون متعلّق بالكمون النظامي $E_0$ ولوغاريتم تركيز $[NH_3]$، وبالتالي فإن فرق الكمون $E - E_0$ متعلّق فقط بتركيز $[NH_3]$.

## ٤ ـ تفاعل بيرتلو Berthelot reaction:

تعتمد هذه الطريقة على تفاعل الأمونيا مع هيبوكلوريت الفينول لإعطاء معقّد الإندوفينول ذي اللون الأزرق، الذي يقاس عند طول موجة تساوي $\lambda = 630$ nm، أو تمكن معايرته حجمياً.

$$NH_3 + 3OCl^- + OH^- + 2C_6H_5OH \rightarrow 3Cl^- + 4H_2O$$



blue

ملاحظات:

طريقتا نسلر وبيرتلو طريقتان لونيتان.

إن الطرق الأربعة السابقة تعتمد على معايرة النيتروجين، وجميعها تحتاج في البداية إلى عملية هضم للحصول على الأمونيوم.

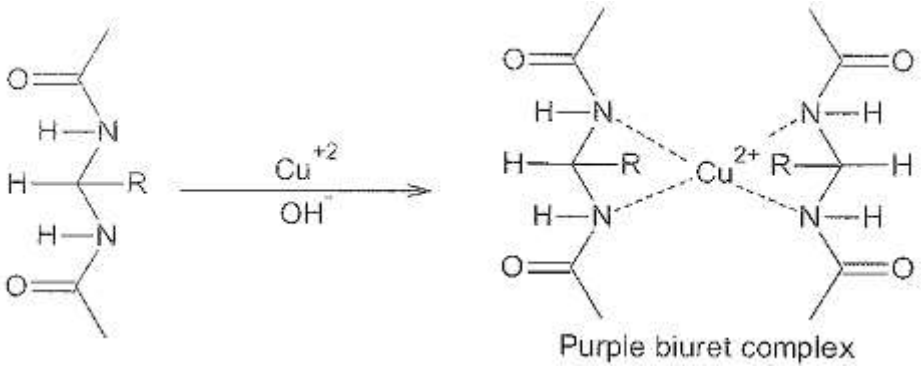
**تقتصر الطرق السابقة على معايرة النيتروجين، لكن ثمّة طرقاً لمعايرة البروتين بحد ذاته (فلا حاجة هنا لتحرير النيتروجين)، وهي:**

## ٥. طريقة بيوريت Biuret method (أو طريقة البولة المضاعفة):

**يقوم مبدأ طريقة بيوريت على أن شـوارد النحاس $Cu^{++}$ (من كبريتات النحاس) يشـكل في محلول قلوي (طرطرات الـ صوديوم والبوتا سيوم + قلوي) مقعداً مع الروابط الببتيدية يعطي لوناً بنفسجياً ورديـاً Pinkish – purple، يقاس اللون عند طول موجة** $\lambda = 540\ nm$.

لا حاجة هنا لعامل تصحيح.

**يوضح الشكل تفاعل بيوريت:**




**محاسن طريقة بيوريت:**

- **أرخص وأسرع من طريقة كيلدال.**
- **مشاكلها أقل مع انحرافات اللون.**
- **لا يتداخل فيها سوى القليل من المواد.**
- **لا تقيس النيتروجين غير البروتيني NPN** non – protein nitrogen.

**مساوئ طريقة بيوريت:**

- **غير حساسة، فتصل حساسيتها إلى مستوى 2 – 4 ملغ فقط.**
- **تتداخل مع الأصبغة الصفراوية** bile pigments.
- **تتداخل مع أملاح الأمونيوم.**
- **تتداخل مع السكريات لأنها تُعاير بنفس الطريقة (بمحلول فهلنغ، وكبريتات النحاس أحد مكوناته).**
- **الليبيدات والفحوم يمكن أن تؤثر على صفاء المحلول.**
- **يجب أن يكون البروتين منحلاً.**

## ٦ . طريقة لوري Lowry method:

**طريقة لوري: هي طريقة لونية** colorimetric **تعتمد على تشكيل لون أزرق.**

☜ **إن بعض الحموض الأمينية الفينولية كالتيروزين و/أو التربتوفان هي بروتين ما ترجع كاشف حمض الفوسفوموليبديك مع حمض الفوسفوتنغستيك (ويدعى الفولين[٣] – سيوكالتو** Folin – Ciocalteu reagent).

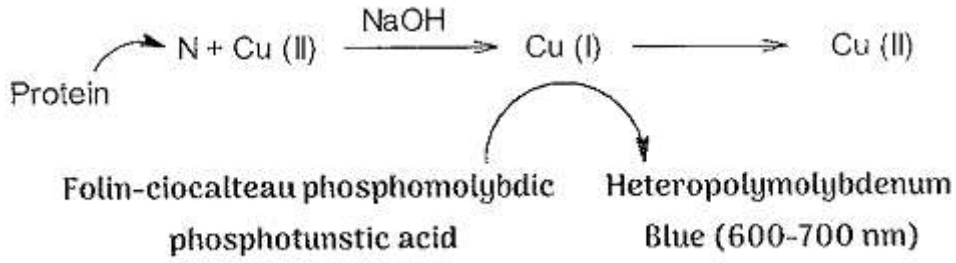
**تم ربط هذه الطريقة مع طريقة بيوريت، فإذا تم وضع كبريتات النحاس مع طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم في محلول قلوي (كاشف بيوريت) فإن ذلك يؤدي إلى تحوّل النحاس** Cu(II) **إلى نحاسي، وتقوم عندئذ شوارد النحاسي** Cu(I) **بإرجاع كاشف الفولين إلى معقّد ملوّن بلون أزرق، تُحدّد قيم التماص** Absorbance **على مقياس الطيف الضوئي** spectrophotometer **عند طول موجة** $\lambda$ = 750 nm.

إن ربط طريقة لوري مع طريقة بيوريت أعطى حساسية أكبر، فيمكن بهذه الطريقة تحديد بروتينات العينة حتى 0.2 مكغ.

**تستخدم طريقة لمعايرة البروتين في السوائل الحيوية، فهي أكثر الطرائق حساسية.**

[٣] الوظائف الفينولية ترجع كاشف الفولين لذلك يستخدم لمعايرة البولي فينول الموجود بالشاي وبعض الفواكه والخضراوات الذي يكون عبارة عن مضاد أكسدة.

فإذاً، يقوم مبدأ الطريقة على تفاعل نيتروجين الببتيدات مع شـــوارد النحاس الثنائي تحت ظروف قلوية.



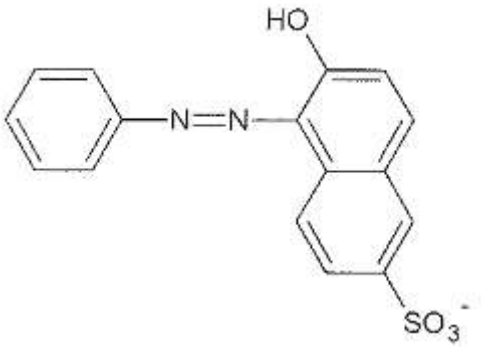

**توضيح للتفاعل:** يتحول النحاس إلى نحاسي ويؤثر على الفولين أو نقول أن البروتين تفاعل مع النحاسي وشكل معقد يتفاعل مع الفولين ويرجعه ويعطي اللون الأزرق.

**محاسن طريقة لوري:**

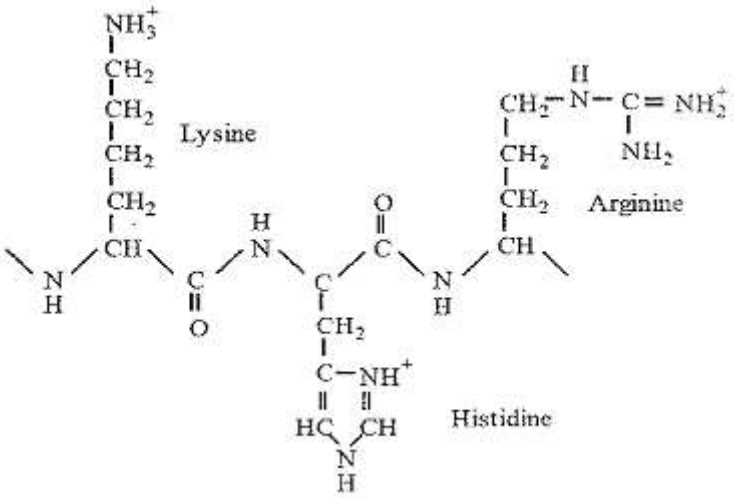
- هي أكثر الطرق الطيفية الضوئية المتاحة حساسية لتحديد إجمالي البروتين.
- هذه الطريقة أكثر نوعية من معظم طرائق معايرة البروتين الأخرى، وهي أفضـــل في التعامل مع البروتينات من طريقة العكر في محاليل البروتين.
- طريقة لوري سريعة نسبياً، إذ تحتاج ما بين ساعة إلى ساعتين للتحليل.
- تستخدم هذه الطريقة في الحقل الطبي الحيوي biomedical field بشكل واسع.

## ٧. طريقة ضم الصباغ Dye binding method:

يقوم مبدأ هذه الطريقة على أنّه وفي pH منخفضـة (بوقاء يعطي pH تسـاوي 2)، فإن المجموعات الأساسية (الأمينية) للبروتين تكتسب شحنة موجبة لترتبط بشكل كمي بالصباغ المشحون بشحنة سـالبة، وهو صـباغ الأسـيد أورانج 12 (Acid Orange 12) ذو اللون البرتقالي، وعند الارتباط فإن الصباغ يفقد لونه، وبالتالي كلما كان اللون أقل شدة كان تركيز البروتين أكبر.



إن الهيستيدين والأرجينين والليزين هي الحموض الأمينية التي تكتسب شحنة موجبة في pH منخفضة:




**يمكن إجمال خطوات هذه الطريقة بـ:**

١ ـ مزج البروتين والصباغ وإضافة وقاء حتى pH = 2، وحينما يحصل الارتباط فإن معقداً من البروتين والصباغ يترسب، ويبقى الصباغ غير المرتبط الذي يمكن تحديده بسهولة باستخدام مقياس الطيف الضوئي ومنحنٍ معياري لتراكيز مختلفة من الصباغ.

٢ ـ الترشيح أو التنبيذ.

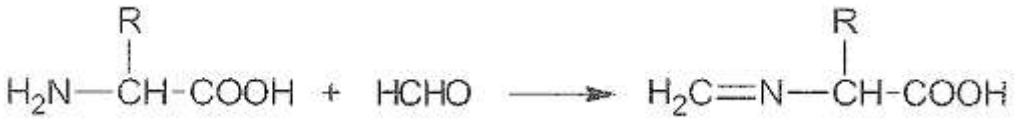
٣ ـ قياس تماص الرشاحة.

٤ ـ باستخدام الكمية المضافة في البدء من الصباغ فإنه يمكن حساب كمية البروتين.

يمكن استعمال أزرق الكوماسي اللماع Coomassie brilliant Blue بدلاً من الأسيد أورانج 12، وتدعى الطريقة حينئذ معايرة براد فورد Bradford assay. يرتبط أزرق الكوماسي إلى حموض أمينية محددة وإلى البنى الثالثية في البروتينات، وعندها يتحول اللون من بني محمر إلى أزرق.
يقاس الامتصاصّ عند طول موجة $\lambda = 595$ nm.

## ٨ ـ طريقة سورنسن Sorensen method(حجب الوظيفة الأمينية ):

يمكن اعتبار أن البروتين في وسط ذي pH معتدلة معتدل كهربائياً، فإذا قمنا بحجب الوظيفة الأمينية في الحموض الأمينية المشكلة له باستخدام الفورمول كما يلي:



فإنه يتم إظهار الوظيفة الحمضية فقط، فتتم معايرتها باستخدام قلوي، تدعى هذه الطريقة أيضاً طريقة حجب الوظيفة الأمينية، وقد ورد عنها سؤال في الامتحان الوطني^^!.

## ٩ ـ طريقة مقياس الانكسار Refractometer: (غير مهمة)

بالاعتماد على طبيعة المركب ودرجة الحرارة وثابتة طول موجة الضوء فإن تركيز المركب يمكن تحديده بقياس منسب الانكسار باستخدام مقياس الانكسار.

انتهت طرق تحديد البروتينات

## جودة البروتين:

لا تمتلك جميع البروتينات نفس الجودة، وتُعد البروتينات الحيوانية أجود من البروتينات النباتية. يتم تحديد جودة بروتين بحسب الحموضة الأمينية الموجودة فيه، فكلما احتوى حموضاً أمينية أساسية أكثر كان أكثر جودة.

⇐لقد وُجد **أن البقوليات Legumes** تحتوي الحمضين الأمينيين الليزين والإيزولوسين، ولكنها تفتقر إلى الميتيونين والتربتوفان (سؤال امتحان وطني)، فإذا ما اقتصر الغذاء على البقوليات فقط فلا بد أن يحدث عوز في الميتيونين والتربتوفان.

⇐**أما الحبوب** فهي تحتوي الميتيونين والتربتوفان ولكنها تفتقر إلى الليزين والإيزولوسين، فإذا ما اقتصر الغذاء على الحبوب فقط فلا بد أن يحدث عوز في الليزين والإيزولوسين. لذلك يجب على الغذاء أن يكون متكاملاً، يحوي بقولاً وحبوباً، وهو ما يدعى المعاوضة.

| | Ile | Lys | Met | Trp |
|---|---|---|---|---|
| Legumes | ■ | ■ | | |
| Grains | | | ■ | ■ |
| Together | ■ | ■ | ■ | ■ |

⇐**أما البروتينات الحيوانية** فهي **لا** تفتقر إلى أي حمض أميني بخلاف تلك النباتية، لذلك يُنصح النباتيون بالمعاوضة، بتناول العدس مع الأرز مثلاً أو الذرة مع الحمض لتحقيق التكامل.

ندعو الحموض الأمينية الناقصة من غذاء (كالميتيونين في البقوليات) بالحموض الأمينية المحدودة Limited amino acids، ونقول عن البروتينات النباتية إنها ذات جودة منخفضة أو بروتينات غير كاملة، أي إنها تحتوي حموضاً أمينية محدودة.

حينما يتناول الإنسان بروتيناً ما فإنه يتفكك في جهاز الهضم إلى حموضه الأمينية التي تُمتص إلى الدوران لتُختزن في جُميعة الحموض الأمينية Amino acid's pool، فإمّا أن❶ يستخدمها الجسم في تصنيع بروتينات جديدة، أو ❷في تصنيع مركّبات نيتروجينية غير بروتينية كالبيورينات والبيريميدينات، أو ❸في إنتاج الطاقة (وهي أسوأ مصادر الطاقة، إذ لا يستخدمها الجسم إلا بعد استنفاذ السكريات والدسم).

☜إذا سلك الجسم طريق تصنيع بروتينات جديدة ولم يكن لديه كافٍ منها فإن اصطناع البروتينات يتوقف، فإذا افترضنا أن بروتيناً يحتوي الحموض الأمينية C و A و R. فإذا ما كان الحمض الأميني C محدوداً فإنه لن تتبقى منه كمية كافية لاستكمال اصطناع سلسلة البروتين:

CCCCC
AAAAAAAA ⇒ CAR, CAR, CAR, CAR, CAR, R, A, A, A
RRRRRR

ولن يستطيع الجسم وضع حمض أميني بدل آخر، لذا يجب التعويض ببروتينات أخرى (بروتينات تكميلية Complementary proteins) تكون فيها كمية الحمض C أكثر لضمان استمرارية التصنيع:

$$\begin{matrix} CC & CCCC \\ AAAA & + \quad AA \\ RRR & RRR \end{matrix} \Rightarrow CAR, CAR, CAR, CAR, CAR, CAR$$

## كيف يتم تحديد جودة البروتين؟

إن أبسط الطرق لتحديد جودة البروتين هي قابلية هضم البروتين Protein digestibility، فكلّما كانت قابلية هضم البروتين أكبر كان أجود، وثمة العديد من الأسباب لوجود قابلية هضم محدودة لبعض البروتينات، وهي:

- هيئة البروتين Protein conformation، فكلّما كان البروتين حلولاً أكثر في الماء كانت قبلية هضمه أعلى، والعكس بالعكس.
- العوامل المضادة للتغذية Antinutritional factors، فمثلاً: تحتوي بعض أنواع البقوليات مثبطات للتربسين anti Trypsin التي تثبط التربسين والكيموتربسين في الامعاء فيتوقف هضم البروتين، ويتم التخلص من مثبطات التربسين بطبخ البقول.

كما تحتوي بعض البقول على بروتينات تدعى الليكتينات Lectins، وهي بروتينات سكرية انتقائية (Selective = lecti-) لكريات الدم فيمكن أن ترتص معها، تمتاز هذه البروتينات بأنها تعطّل هضم البروتينات بارتباطها مع الأمعاء وإيقاف امتصاصها. يتم التخلص من الليكتينات بتعريض البقول للحرارة.

- قياس جزيئة البروتين وسطحها.
- البروتين المرتبط إلى المعادن أو الليبيدات أو الحموض النووية أو السيللوز أو عديدات السكريد الأخرى يمكن أن محدود قابلية الهضم جزئياً، كما أن تناول بعض الألياف مع البروتينات يمكن أن يشكّل معقدات معها، فالتانينات في الشاي يمكن أن تشكل أيضاً معقدات مع البروتين فتحدّ من هضمها وامتصاصها.

المعالجة، فسحق الحبوب يجعل سطح التماس أوسع ويسهّل الهضم، بينما تسبب المعالجة بالحرارة حدوث تفاعلات ميلارد (ارتباط الحموض الأمينية [خصوصاً الليزين] مع السكاكر) مما يسبب فقد الحمض الأميني فتنخفض جودة البروتين.

تُحسب قابلية الهضم الحقيقية TD وفق العلاقة الآتية:

$$\text{true digestibil ity} = \frac{N_{absorbed}}{N_{intake}} \times 100$$

حيث:

- $N_{absorbed}$ تشير إلى البروتين الممتص.
- $N_{intake}$ تشير إلى البروتين المتناول.

يتم حساب البروتين الممتص بحساب حاصل طرح كمية البروتين المطروحة في البراز من كمية البروتين في المتناول، وبالتالي:

$$\text{true digestibil ity} = \frac{N_{intake} - N_{eliminated}}{N_{intake}} \times 100$$

لكن تبين أن الكلام السابق غير دقيق تماماً، إذ إن امتصاص الأمعاء لا يعبّر عن استهلاك البروتين، فقد تمتص الأمعاء بشراهة مقداراً كبيراً من البروتين لكن لا يشترط أن يستخدمها الجسم كلها، فتطرح ما لم تستهلكه على شكل نيتروجين في البول، لذلك تم الاصطلاح على استخدام المحتبس retained، أي ما استفاد منه الجسم، وهو يساوي المتناول مطروحاً منه مجموع المطروح في البراز (الذي لم يمتص) مع المطروح في البول (الذي امتص لكن لم تكن ثمة حاجة إليه):

المحتبس = المتناول – (المطروح في البراز + المطروح في البول)

وبإيجاد هذا المصطلح أمكن استخدام مصطلح القيمة الحيوية Biological value BV، وهي طريقة تستخدم تقنيات توازن النيتروجين لتحديد كمية النيتروجين الممتص المحتبسة في الجسم للإصلاح والصيانة. تساوي القيمة الحيوية المحتبس مقسوماً على الممتص:

$$BV = \frac{N_{retained}}{N_{absorbed}} \times 100$$

أو يمكن استعمال «صافي استخدام البروتين» Net protein utilization (NUP اختصاراً)، وهو يستند على المشاركة بين القيمة الحيوية وقابلية هضم بروتين الطعام، ويساوي TD مضروباً بـ BV أي المحتبس مقسوماً على المتناول:

$$NPU = TD \times BV \times 100 = \frac{N_{absorbed}}{N_{aintake}} \times \frac{N_{aretained}}{N_{absorbed}} \times 100 = \frac{N_{retained}}{N_{intake}}$$

لو فرضنا تناولنا 100g بروتين عندها كمية امتصاص أكبر تعني هضم أكبر وكل ما امتص سوف يطرح بالبراز

وكلما كانت القيم TB أو BV أو NPU أعلى كانت جودة البروتين أعلى.

كما يمكن تطبيق طرائق لا علاقة لها بما سبق، فطالما أن أكثر استخدام البروتين في الجسم هو بهدف البناء فتمّت الاستعانة بحيوانات التجربة، فإذا قُسّمت 10 فئران إلى مجموعتين، واعتُبرت إحدى المجموعتين مجموعة شاهدة وأعطيت غذاء لا يحتوي على بروتين إطلاقاً لمدة شهر، وأعطيت المجموعة الثانية البروتين المراد فحصه فبانتهاء الشهر يفترض أن ينخفض وزن المجموعة التي لم تُعط البروتين، وأن يزداد وزن التي أعطيت إيّاه بحسب جودة البروتين، لذلك تم الاصطلاح على «نسبة كفاءة البروتين» Protein efficiency ratio (PER اختصاراً). تستند نسبة كفاءة البروتين على الوزن المكتسب في الفئران النامية مقسوماً على متناولها من بروتين طعام معيّن خلال فترة الاختبار، ويُحسب بتقسيم مجموع الوزن المكتسب من قبل مجموعة الاختبار التي أعطيت البروتين والوزن المفقود من قبل مجموعة الحمية الأساسية (المجموعة الشاهدة التي لم تعط البروتين) على متناول البروتين:

$$PER = \frac{\text{wt gain test group} + \text{wt loss of basal diet group}}{\text{protein intake}}$$

**كلما ازداد وزن المجموعة الأولى ونقص وزن الأخرى كان البروتين أجود**

فإذا اكتسبت مجموعة الاختبار 5 غرامات من الوزن، وفقدت المجموعة الشاهدة 10 غرامات من الوزن، فإن بسط العلاقة السابقة يساوي 15.

كما يمكن تقييم جودة البروتين بالاعتماد على الحَرَز الكيميائي Chemical score، ويساوي النسبة المئوية لكمية الحموض الأمينية المحدودة في البروتين المختبر مقسومة على كمية الحموض الأمينية المحدودة في البروتين المعياري (وغالباً ما يكون البروتين المعياري هو بروتين البيض لأنه من أجود أنواع البروتينات)

مثلاً: البقول تنقصها الميتونين (يوجد بكمية محدودة) فنحسب كم غرام موجود وننسبه إلى كمية هذا الحمض في بروتين البيض.

$$\text{Chemical score} = \frac{\text{g og limited amino acid in test protein}}{\text{g of limited amino acid in referance protein}} \times 100$$

مثال أخر حسابي: بروتين قمح ينقصه الليزين ويحتوي البيض من الليزين 72g/kg أما القمح فيحوي 27g/kg فتكون

$$\text{Chemical score} = \frac{27}{72} = 0.375 \times 100 = 37.5$$

**أما المنهجيات الجديدة** فتعتمد على «قابلية هضم البروتين المصححة بحَرَز الحموض الأمينية Protein digestibility – corrected amino acid score (PDCAAS)، أو حرز الحموض الأمينية AAS اختصاراً)، وهي طريقة جديدة ومن المحتمل أنها أكثر دقة لتقييم جودة بروتينات الطعام.

وتستند على محتوى بروتين الطعام من الحموض الأمينية وقابلية هضمها الحقيقية وقدرتها على الإمداد بالحموض الأمينية التي لا غنى عنها بكميات كافية لاستيفاء احتياجات الحموض الأمينية لأطفال بأعمال بين 2 إلى 5 سنوات، وهي المجموعة العمرية المستخدمة كمعياري.

إن AAS يساوي نسبة الحموض الأمينية في البروتين المختبر على الحاجة من هذه الحموض الأمينية:

$$\text{AAS} = \frac{\text{\% amino acid in test protein}}{\text{\% correspondy amino acid requirment}}$$

فلحساب AAS للميتيونين في فول الصويا مثلاً، فإننا نحسب النسبة المئوية للميتيونين في فول الصويا وننسبه إلى الحاجة اليومية للجسم من الميتيوني

**يوضّح الجدول الآتي مقارنة بين أشيع مصادر البروتين:**

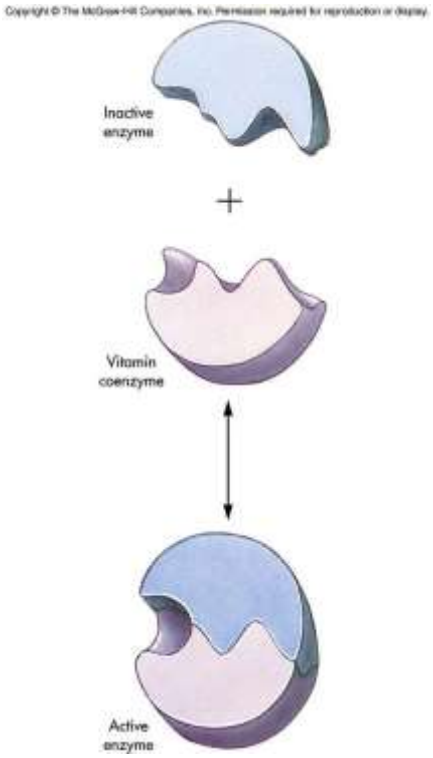
**لاحظ أن قيم البيض مرتفعة جميعها، وأن قيم الأرز وفوق الصويا أقل لأنها مصادر نباتية.**

| مصدر البروتين | قابلية الهضم (٪) | PER | BV | NPU |
|---|---|---|---|---|
| البيض | 97 | 3.9 | 94 | 94 |
| الحليب | 95 | 3.1 | 84 | 82 |
| اللحم، السمك | 94 | 3.5 | 76 | 79 |
| الأرز | 88 | 2 | 73 | 70 |
| فول الصويا | 95 | 2.3 | 73 | 61 |

**ننتقل الآن للقسم الآخر من المحاضرة وننوه أن الصيغ غير مطلوبة للحفظ ولا قيم الفيتامين الطبيعية ولا المصادر وإنما يهمنا من كل فيتامين (طريقة التخرب).**

## الفيتامينات:

**بعضها ضروري في عملية** إنتاج الطاقة في العضوية من مكونات الغذاء الرئيسية (الدسم والسكريات والبروتينات)، كما أن سلسلة من التفاعلات تتم بوجود الإنزيمات كوسائط Catalysts، والتي بدورها تحتاج إلى عوامل مرافقة تدعى Cofactors تتألف عادة من المعادن، وكذلك إلى قرائن الإنزيمات Coenzymes، وهي جزيئات معقّدة مشتقة من الفيتامينات، وهنا تبرز أهمية الفيتامينات في التغذية.




### عرّف روزنبر Rosenberg الفيتامينات بأنها:

- مركبات عضوية تعمل على تنظيم عمليات الصيانة والنمو في العضوية.
- مركبات لا تصنّع من قبل العديد من الحيوانات، لذا لا بد من تناولها.
- يحتاجها الجسم بمقادير ضئيلة.
- بعضها ضروري في عملية إنتاج الطاقة في الجسم، ولكنّها لا تحوّل نفسها إلى طاقة.

**إذا لنبقي في أذهاننا أن:**

**الفيتامينات لا تعطي طاقة إنما تدخل في الإنتاج فقط.**

- بعضها ضرورية لتنظيم عمليات التمثيل الحيوي (الاستقلاب) وتصنيع وحدات بنائية.

# تصنيف الفيتامينات

- تصنف الفيتامينات إلى فيتامينات ❶**منحلة في الدسم** تتكون من كربون وهيدروجين وأوكسجين فقط، ❷**وأخرى منحلّة في الماء** قد تحتوي عناصر أخرى كالكبريت والآزوت والكوبالت.
- **تتضمن الفيتامينات المنحلّة في الدسم**: الفيتامين A (الريتينول Retinol) و E (التوكوفيرولات Tocopherols) و D (الكالسيفيرولات Calciferols) و K (الكينونات Quinines).
- **بينما تتضمن الفيتامينات المنحلة في الماء**: مجموعة الفيتامينات B والفيتامين C (حمض الأسكوربيك Ascolbic acid).

تتضمن الفيتامينات B كلاً من الفيتامين B1 (التيامين Thiamin) و B2 (الريبوفلافين Riboflavin) و B3 (النياسين Niacin) و B5 (حمض البانتوتينيك Pantothenic acid) و B6 (البيريدوكسين Pyridoxine) و B9 (حمض الفوليك Folic acid)، و B12 (الكوبلامين Cobalamin) بالإضافة إلى الفيتامين B7 أو الفيتامين H (البيوتين Biotin).

تصنّع جميع الفيتامينات في النبات باستثناء الفيتامينين D و B12.

تمتلك الفيتامينات المنحلة في الدسم طلائع precursors/ provitamin، في حين أن الفيتامينات المنحلّة في الماء لا تمتلك طلائع، **فمثلاً** طليعة الفيتامين A هي البيتا – كاروتين، أيضاً طليعة فيتامين D هي الإرغوستيرول.

تُناط بالفيتامينات المنحلة في الماء المشاركة في عمليات استقلاب الطاقة ونقلها، أما الفيتامينات المنحلة في الدسم فضرورية لعمليات تصنيع الوحدات البنائية وتركيبها.

## العوامل المؤثرة في امتصاص الفيتامينات:

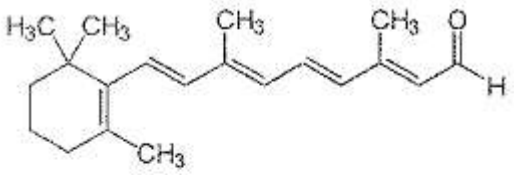
- سوء الامتصاص: كتعقيد الفيتامين أو الأمراض الهضمية أو الديدان أو غياب العامل الذاتي الخاص بامتصاص الفيتامين B12 (بروتين نوعي).
- وجود عناصر مضادة للتغذية.
- الشكل الذي يوجد فيه الفيتامين.
- التداخلات بين العناصر الغذائية.
- المعالجة ببعض الأدوية.

**والآن سنبدأ بتفصيل الفيتامينات**

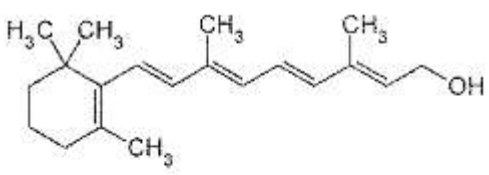
## فيتامين A:

**لم تطالب الدكتورة بحفظ أسماء محلات الاستخلاص يكفي معرفة أنه محل عضوي**

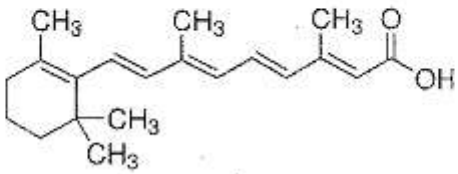
- **للفيتامين A أشكال ثلاثة هي:** الريتينول Retinol إذا كان بشكل غولي، والريتينال Retinal إذا كان ألدهيداً، وحمض الريتينوئيك Retinoic acid.




ريتينال

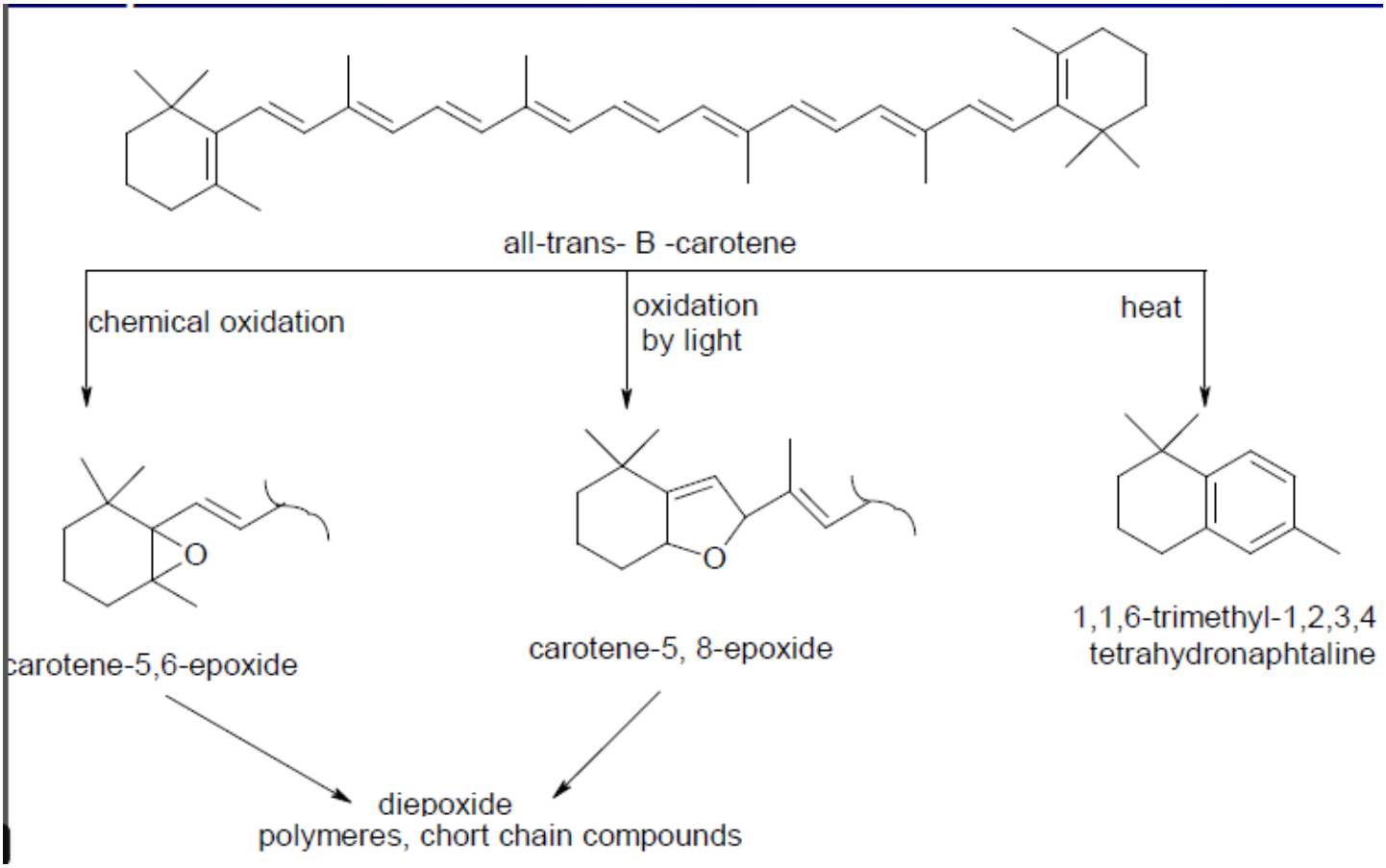



ريتينول




حمض الريتينوئيك

- **للفيتامين A طليعة هي:** البيتا – كاروتين. يبدو من صيغة البيتا – كاروتين أنه ينشطر إلى جزيئتين من الفيتامين A، لكن في الحقيقة تعطي كل جزيئة بيتا – كاروتين واحد جزيئة فيتامين A واحدة.
- كل واحد مكغ من الريتينول يعادل 3.33 وحدة دولية.
- تمتلك جميع أشكال الفيتامين A روابط مضاعفة متناوبة، ⟵مما يجعلها قابلة للأكسدة، حيث تتخرب بالضوء والحرارة والأكسدة الكيميائية (فهو حساس لوجود الأوكسجين). إذ تخرّب الفيتامين A بالأكسدة الكيميائية أو الضوء فإنه يعطي إيبوكسيداً، أما إن تخرّب بالحرارة فيعطي مشتقاً للنفتالين هو 6,1,1- تري ميتيل- 4,3,2,1- تيترا هيدرونافتالين:




## استخلاص الفيتامين A ومعايرته:

بما أن الفيتامينات المنحلّة في الدسم كذلك فيمكن إجراء استخلاص لها باستخدام محل عضوي، ولكن في هذه الحالة تبرز مشكلة هي أن المحل العضوي سيستخلص المادة الدسمة معها ولن يقتصر على الفيتامين.

في جميع الفيتامينات المنحلة في الدسم، لا بد من تصبين المادة الدسمة أولاً، ⇐ويهدف التصبين إلى تشكيل الأملاح الصودية (أو البوتاسية) **من الحمض الدسم**، وبما أن الصوابين أملاح منحلة في الماء، تنتقل بهذا الحموض الدسمة إلى الماء ويتم التخلص منها، ويبقى الفيتامين المنحل في الدسم وحده ☺ بما أنه لا يتصبن.

**تشترك جميع الفيتامينات المنحلة في الدسم بهذه الخطوة.**

يتم أولاً تصبين المادة الغذائية بالصود بوجود مضاد تأكسد الهيدروكينون، حيث يضاف الهيدروكينون كمضاد للأكسدة خوفاً من أكسدة الفيتامين بسبب استخدام الحرارة اللازم للتصبين.

ثم يتم الاستخلاص بالإيتر وبمعزل عن الضوء والهواء.

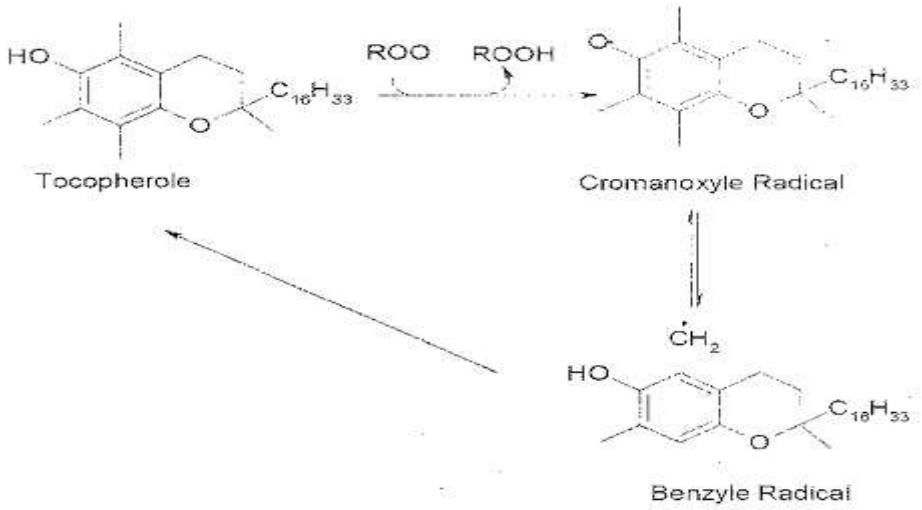
تتم معايرة الخلاصة باستخدام HPLC، **وإن طريقة HPLC هي الأفضل في معايرة جميع الفيتامينات.**

يمكن إجراء المعايرة لونياً (أي بجهاز السبيكتروفوتومتر) باستخدام ثالث كلور الأنتموان الكلوروفورمي إن لم تُتَح طريقة HPLC.

***

## فيتامين E:

- يدعى أيضاً **التوكوفيرول**، وله أربع أشكال α و β وγ و σ بحسب توضع جذور الميتيل على الحلقة.
- المصدر الأساسي للفيتامين E هو **الزيوت النباتية**.
- الدور الأساسي للتوكوفيرول في الجسم هو **مضاد للتأكسد** قادر على التنازل عن هيدروجينه متحولاً إلى جذر حر يدعى جذر الكرومانوكسيل.




- الفيتامين E حساس للأشعة فوق البنفسجية والضوء، وحساس للأوكسجين، لكنه ثابت نسبياً بالتسخين.

**لاحظ الجدول:**

| المادة الغذائية | المحتوى من التوكوفيرول ملغ/100غ | مقدار النقص% |
|---|---|---|
| زيت قبل القلي العميق | 82 | |
| زيت بعد القلي | 73 | 11% |
| زيت مستحصل من رقائق الشيبس مباشرة بعد التحضير | 75 | |
| بعد التخزين أسبوعين بدرجة حرارة الغرفة | 93 | 48% |
| بعد شهر من التخزين | 22 | 71% |

لاحظ أنه رغم تعريض الزيت لحرارة عالية عند القلي العميق فإن مقدار النقص في الفيتامين E كان فقط 11٪، أما لدى تخزين زيت مستحصل من الشيبس مباشرة لأسبوعين في درجة حرارة الغرفة فإنه فقد قرابة نصف المقدار من الفيتامين، وقرابة ثلاثة أرباعه خلال شهر، وهذا عائد لتأثير الضوء.

**استخلاص الفيتامين E ومعايرته:**

*يتم أولاً تصبين المادة الغذائية بالبوتاس، بوجود مضاد للأكسدة هو حمض الأسكوربيك (تذكر أنهما يعطيان معاً فعلاً تآزرياً).

* يتم الاستخلاص بالإيتر.

* تتم المعايرة باستخدام HPLC.

* أو تمكن المعايرة لونياً باستخدام α-α دي بيريديل، وهو كاشف نوعي له.

* أو تمكن المعايرة لونياً باستخدام كلور الحديد.

## فيتامين D:

**في مجتمعنا وخاصة لدى النساء و بالرغم من أن بلادنا تدعى بلاد الشمس فإن أغلب النساء يعانين من نقص في هذا الفيتامييبن وقد يعزى ذلك لأسباب وراثية فيجب التعرض لأشعة الشمس بشكل كافي ولايكفي فقط تعريض الوجه والكفين**

- المصدر الرئيس للفيتامين D هو أشعة الشمس، أما المصدر الغذائي الرئيس له فهو الحليب المدعّم Fortified milk.
- تنقص بعض مضادات الصرع من الحلمهة الكبدية للفيتامين D، ولذلك يعاني متعاطو هذه الأدوية كالفينيتوئين والكاربامازبين من عوز في الفيتامين.
- كل واحد مكغ من الفيتامين D يعادل 40 وحدة دولية.
- يتخرّب الفيتامين D بالتعرض للضوء والهواء، فتحصل تفاعلات كيميائية ضوئية مشكّلة مركبات تسمى السبراسيترول والتوكسيستيرول.

**استخلاص الفيتامين D ومعايرته:**

* يتم أولاً تصبين المادة الغذائية بالصود، بوجود مضاد التأكسد البيروغالول.

* يتم الاستخلاص بالإيتر.

* تمكن المعايرة باستخدام HPLC.

* تمكن المعايرة أيضاً باستخدام GC.

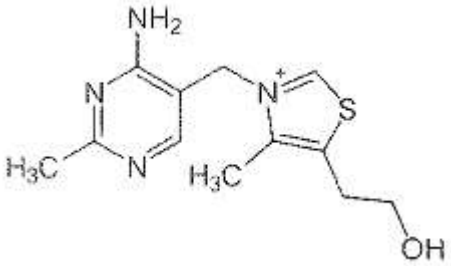
## فيتامين K:

- **أهم مصادر الفيتامين K:** هي الخضار الورقية والكبد والحبوب الخضراء، كما يصنّع من قبل الجراثيم المعوية.
- الفيتامين K ضروري **لاصطناع عوامل التخثّر** الثاني والسابع والتاسع والعاشر.
- عوز الفيتامين K يسبب تطاول زمن النزف وتأخّر زمن التخثّر.
- الفيتامين K **حساس للضوء والقلويات.**

## فيتامين B1 (التيامين):

**يدعى أيضاً بالتيامين وينتج عن عوزه داء البربري، (عند الأشخاص الكحوليين عادةً ما يحدث نقص فيتامين B1).**

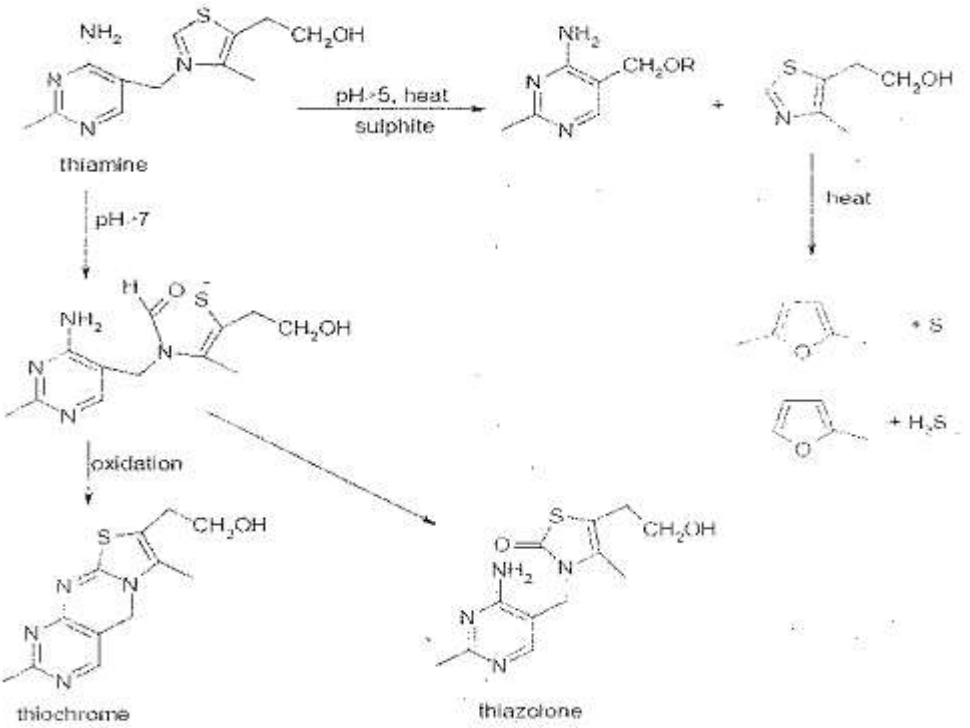
- **أهم مصدر للتيامين هو الحبوب غير المقشورة، كما أنه يوجد في الحليب.**
- **يحتوي في صيغته نواة التيازول ونواة البيريميدين، وبينهما جسر ميتيلين.**




- **التيامين حساس جداً وسريع التخرب، فهو حساس للحرارة، وحساس للأوساط القلوية والمعتدلة.**
- **ففي الأوساط ذات قيمة الـ pH من 5 إلى 7 ينشطر جسر الميتيلين معطياً كلا النواتين على حدة، يقوم بهذا التأثير أيضاً مادة السلفيت Sulphite، وهي مادة حافظة تضاف إلى الفواكه المجففة أو النبيذ أو قمر الدين.**
- **أما في pH قلوية (أعلى من7) فيتفكك بشطر نواة التيازول بنفسها (لا جسر الميتيلين)، معطياً أحد مركبين: إما التيوكروم أو التيازولون (هذه المركبات لاتملك تأثير كفيتامين).**

**وبذلك يكون التيامين ثابتاً في الأوساط الحامضية فقط.**

- **ينشطر التيامين إنزيمياً بفعل إنزيم التيامیناز الموجود في الأسماك النيئة والملفوف والشمندر بشكل مماثل لانشطاره في الأوساط القلوية (أي بانفتاح نواة التيازول).**
- **تمليح اللحم (أي إضافة النتريت، واللحم مصدر من مصادر الفيتامين) يؤدي إلى فقدان نحو 20٪ من الفيتامين بسبب تفاعل المجموعة الأمينية $NH_2$ مع النتريت $NO_2$ بتفاعل ديأزة.**
- **بالتعقيم (بحرارة فوق 100°) يتم فقدان 30 – 50٪ منه، أما بالبسترة (بحرارة تقارب 60°) فيتم فقدان 9 – 20٪، وبتحميص الخبز (كالتوست) يتم فقدان 10 – 30٪.**




- يستخدم ناتج تفكك التيامين، التيوكروم، في معايرة هذا الفيتامين، وذلك عقب الأكسدة في وسط قلوي.

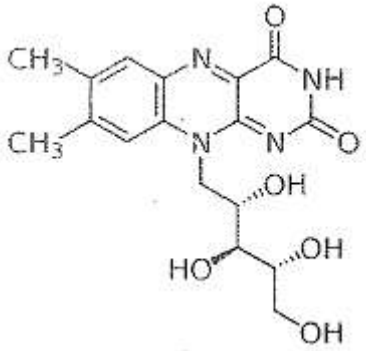
**معايرة التيامين:**

* يؤكسد التيامين في وسط قلوي باستخدام فري سيانور البوتاسيوم.
* يؤدي ذلك إلى تشكيل مركّب التيوكروم.
* ينحل التيوكروم في الغول الإيزوبوتيلي فيعطي تألقاً أزرق.
* تقاس شدة التألق لتدل على تركيز الفيتامين.

## فيتامين B2 (الريبوفلافين):

**يدعى أيضاً بالريبوفلافين، ونقصه يؤدي إلى تشقق الشفاه والتهاب زوايا الفم والتهاب اللسان**

- أهم مصادر الفيتامين B2 اللحم والسمك ومنتجات الحليب، وهي مصدر جيد جداً له.
- يتألف من نواة فلافين مع سلسلة من غول الريبوز (الريبيتيل).



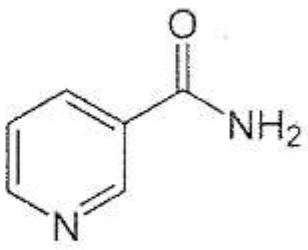
- أكثر العوامل التي يكون الريبوفلافين **حساساً لها هو الضوء**، حيث يتخرّب بتأثير الضوء وخاصة المرئي منه، فيعطي في الأوساط الحامضة مركب اللوميكروم Lumicrome وفي الأوساط القلوية اللوميفلافين Lumiflavin( مؤكسد قوي يخرب معه فيتامين Cأيضاً)، حيث تنفصل سلسلة الريبيتيل، ولذلك تحوّلت الصناعة من تخزين الحليب في القناني الزجاجية إلى تخزينه في العلب الكرتونية أو البلاستيكية التي لا تمرر الضوء.
- اللوميفلافين مؤكسد قوي يؤدي إلى أكسدة فيتامينات أخرى، وخاصة الفيتامين
- الريبوفلافين ثابت في الأوساط الحمضية والمعتدلة، لكنه يتخرب في البيئة القلوية ويتخرّب بالحرارة.

**معايرته:**

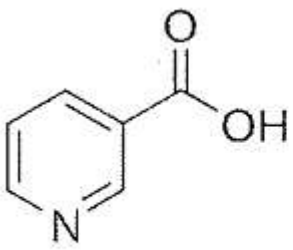
يضاف إلى رشاحته البريدين وحمض الخل الثلجي ثم يقاس التألق، أو باستخدام HPLC.

## فيتامين B3 (النياسين):

- يدعى الفيتامين B3 النياسين، النيكوتين أميد، أو يختصر بـ PP، في إشارة إلى المصطلح Pellagra preventing، أي الواقي من البلاغرا.



النيكوتين أميد



حمض النيكوتينيك

داء البلاغرا أو داء جلد النمر يصبح فيه الجلد متقشراً وخصوصاً من ناحية الكوعين، وعلاجه فقط النيكوتين أميد.

- يصنّع النياسين في الجسم اعتباراً من التربتوفان، وبذلك إن كانت المادة الغذائية فقيرة بالنياسين لكنّها غنية بالتربتوفان فإن هذا يعوّض ذلك، ومن أمثلة هذه المعاوضة الحليب والموز.
- يوجد النياسين أيضاً في الحبوب والخضار ومنتجات الحليب.
- ثبات النياسين جيد عموماً.

**معايرته**

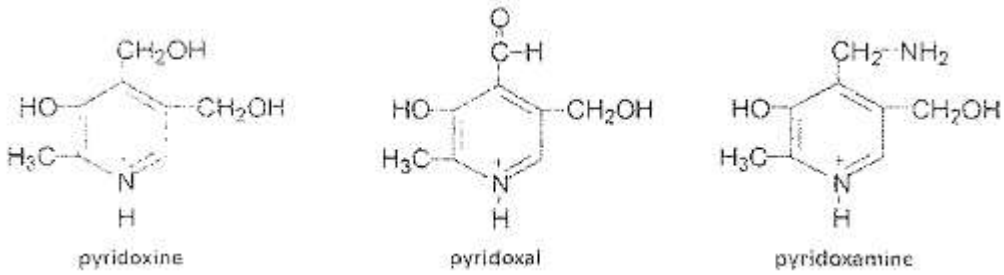
* تتم معايرته بشطر حلقة البيريدين بوساطة السيانوبروميد، ثم تتم معايرته لونياً بمفاعلته مع الأمينات البنزوئية (السلفانيلاميد) فيبدو لون أصفر ذهبي (الأمر أشبه بتفاعل ديأزة).

## فيتامين B5 (حمض البانتوتينيك):

- ثبات هذا الفيتامين جيد، ولا تشاهد أعوازه كثيراً.

## فيتامين B6 (البيريدوكسين):

- يدعى البيريدوكسين (إن كان غولي الوظيفة يملك وظيفة CH2oH ) أو البيريدوكسال (إن كان ألدهيدي الوظيفة يملك وظيفة CHO) أو البيريدوكسامين (إن كان أميني الوظيفة يملك وظيفة CH2-NH2).




- أهم مصادره اللحوم والحبوب.
- يتأثر بالحرارة كثيرة، (تذكر: الفيتامين B1 كذلك)، حيث يضيع بالطبخ نحو 30 – 60٪ منه.
- حساس للضوء، ويتخرب بتأثير UV.
- يتفاعل بسهولة مع السيستئين معطياً التيازوليدين الغير فعال كفيتامين(الشكل على اليسار).

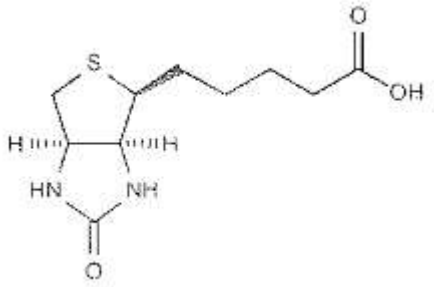
**معايرة البيريدوكسين: نحفظ فقط اسك الكاشف أي (دي ايتيل بارا ميتيلين دي أمين)**

* يعامل مع دي إيتيل بارا ميتيلين دي أمين في وسط من البنزن وبوجود وقاء فوسفاتي و فري سيانور البوتاسيوم فيعطي لوناً مميزاً يقاس بمقياس الطيف الضوئي Spectrophotometer.

* كما يمكن أن يعاير باستخدام HPLC.

## فيتامين B7 (البيوتين):

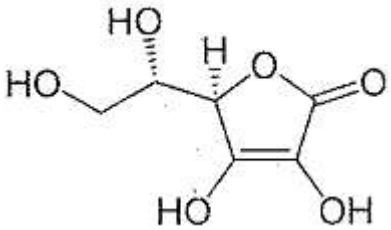
يمتلك البيوتين الصيغة التالية:




## فيتامين C (حمض الأسكوربيك):

**يدعى أيضاً بحمض الأسكوربيك، عوزه يؤدي إلى داء الاسقربوط (نزف اللثة)**

- يمتاز في صيغته بامتلاكه مجموعتي OH مع رابط مضاعف بينهما.




- مشكلة الفيتامين C أنه سريع التخرّب ، فهو يتخرّب في الضوء ويتخرّب بالحرارة وبالأوكسجين، كما يتخرّب بتأثير المعادن الثقيلة مثل النحاس والحديد والإنزيمات الحاوية عليها مثل إنزيم الليبوكسيجيناز (المحتوي على الحديد)، وإنزيمات البيروكسيداز (المحتوية على الحديد)، وإنزيم البولي فينول أوكسيداز (المحتوي على النحاس).

- تقطيع الخضار والفواكه وتركها عُرضة للهواء إلى حين استعمال يخرّب الفيتامين، كما أن تقطيعها ثم نقع الأجزاء المقطعة في الماء يزيد من سطح التماس مع الماء، وهو منحل فيه أصلاً، الأمر الذي يؤدي إلى خسارة كبيرة فيه، وهو الأمر الذي نشاهده مثلاً عند فرم البقدونس (وهو مصدر غني بالفيتامين C) ثم نقعه في الماء، ولذلك يفضّل غسل البقدونس قبل فرمه. نفس الأمر يحدث عند ترك عصير الحمضيات في الهواء لذلك يفضل أن تؤكل طازجة وأيضاً أن تؤكل كما هي دون تحويلها لعصير.
- عمليات الطهو والحرارة العالية تخرّب الفيتامين C، ولتقليل فقده ينصح بالطهو بالبخار لأنه يقلّل فترة الطهو، ويقلّل التعرض للأوكسجين بسبب تطلّب الطريقة إغلاق وعاء الطهو.

**معايرة حمض الأسكوربيك:**

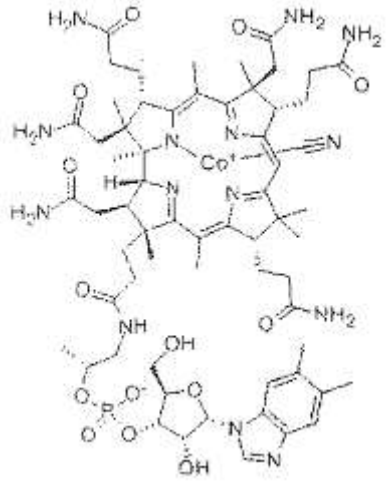
* يستخلص الحمض في وسط مائي pH = 6.9.

* يعاير **بوساطة 6,2- دي كلورو فينول إندوفينول** الذي يؤكسد حمض الأسكوربيك إلى حمض دي هيدرو الأسكوربيك، الذي يعطي بتفاعله مع 4,2- دي نيترو فينيل هيدرازين بوجود حمض الكبريت معقداً لونياً.

* كما تمكن المعايرة باستخدام HPLC.

* أو باستخدام مقياس اليود.

## فيتامين B12 (السيانوكوبولامين):

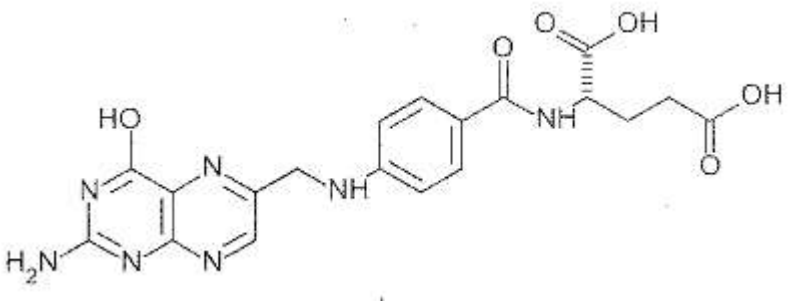


يدعى أيضاً بالسكوبلامين، ويسبب عوزه أعراضاً عصبية وفقر الدم كبير الخلايا (الوبيل).

- لا يوجد الفيتامين B12 في الأغذية النباتية، لذلك يكون النباتيون معوزي الفيتامين B12.
- كما يصاب بعوزه مرضى داء كرون الذي يخرّب اللفائفي وهو المكان حيث يمتص الفيتامين B12. يحدث العوز أيضاً لدى مجري العمليات الجراحية في الأمعاء.
- تعد اللحوم الحمراء من أهم مصادره.
- الثبات الأعظمي للفيتامين في pH من 4 إلى 6.
- يتخرّب في درجات الحموضة الأقل أو الأكثر.
- يتخرب بوجود مواد مؤكسدة أو مرجعة.

## فيتامين B9 (حمض الفوليك، أو الفولاسين حمض الورق):

- يسبب عوز الفيتامين B9 لدى الحوامل تشوّهات في الأنبوب العصبي لدى الأجنّة، لذلك تنصح النساء اللواتي يخططن للحمل أو هنّ في سن الإنجاب بأن يتناولن حمض الفوليك، فهو أهم فيتامين بالنسبة إلى الحامل.




- يوجد حمض الفوليك في الحبوب والفواكه والخضراوات.
- يتخرّب بالتسخين والضوء.
- يتخرّب بفعل الحموض والأكسدة.
- يزيد الفيتامين C من ثباته.

## العوامل المؤثرة عموماً في ضياع الفيتامينات:

- الحرارة (الفيتامينات A, C, B6, B1).
- الضوء (الفيتامينات A, B2, B6, C,).

- الأوكسجين (الفيتامينات C, E, A).
- الضياع الناتج عن طرق تحضير الأغذية وحفظها (الفيتامينC)، الحليب الخالي من الدسم خال أيضاً من الفيتامينات المنحلة في الدسم، التجفيف يؤدي إلى فقدان الفيتامينات المنحلّة في الماء.
- وجود بعض المواد الكيميائية مثل النتريت (B1) والسلفيت (B1) والقلويات (K) وحمض البور (B6)لذلك لم يعد يستخدم كمادة حافظة .
- الضياع طبّي المنشأ نتيجة التداخل مع الأدوية، كأدوية الصرع (التي تسبب نقص الفيتامين D)، الكوليسترامين يؤدي لعوز الفيتامينات المنحلة بالدسم ،الإيزونيازيد (الذي يسبب عوز الفيتامين B6) وهو دواء لمعالجة السل، مانعات الحمل الفموية (التي تسبب نقص الفيتامين B6)، النيومايسين (الذي يسبب نقص الفيتامين A)، استخدام المسهلات المعدنية (التي تسبب فقدان الفيتامينات المنحلّة في الدسم)، ألورليستات (ريدوكتيل أو زينيكال تجارياً، وهي تثبط إنزيم الليباز، فلا تنهضم المواد الدسمة وتُطرح ساحبة معها الفيتامينات المنحلة في الدسم.
- يؤثر زوال قشور الحبوب تأثيراً بالغاً على الفيتامينات:

| | *المحتوى ملغ/100 غ* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | التيامين | الريبوفلافين | البيريدوكسين | النيتكوتيناميد | التوكوفيرول |
| *الطحين الكامل* | 0.5 | 0.15 | 0.45 | 5 | 1.6 |
| *الطحين الأبيض* | 0.1 | 0.05 | 0.17 | 0.9 | 0.4 |

- تشعيع الغذاء Irradiation: بأشعة غاما بغرض حفظه يمكن أن يخرّب بعض الفيتامينات، وتُرتّب الفيتامينات بحسب حساسيتها للتشعيع كما يلي:

B1 > C > B6 > B2 > B9 > B12 > B3

E > β-Carotene > A > K > D

نلاحظ أن أكثر الفيتامينات الذوابة في الماء حساسية للتشعيع هما الفيتامينان B1 و C، وأكثر الفيتامينات الذوّابة في الدسم حساسية للتشعيع الفيتامينان E والبيتا ـ كاروتين.

# الفيتامينات كمضافات غذائية:

**تضاف الفيتامينات للأغذية للأسباب التالية:**

- **أسباب تقنية:**

فمثلاً: يضاف كل من حمض الأسكوربيك والتوكوفيرول لتثبيط عمليات الأكسدة الذاتية في الأغذية الدسمة.

ويضاف الكاروتين والريبوفلافين كملونات للأغذية.

- **أسباب تغذوية:**

إما لتعويض الفيتامينات (ترميمها)، أي إضافتها بسبب فقدانها أثناء التحضير كما يجري في الخبز والطحين والقشور.

أو لإغناء الأغذية بالفيتامينات، حيث تضاف بمقادير تتجاوز المقادير الموجودة أصلاً، مثل أغذية الأطفال والرياضيين.

أو تضاف للفَتْمنة، حيث تضاف إلى أغذية محتواها قليل أو معدوم من الفيتامينات، مثل إضافة الفيتامين A إلى المارغرين (السمن النباتي)، أو إضافة عدة أنواع من الفيتامينات إلى العصائر، كإضافة الفيتامين C إلى شراب نكهة البرتقال

أضف ملاحظاتك:

.....

.....

.....

.....

.....

chemistry
food
emulsion
meat
adulteration
chemistry
flavor
lettuce
mineral
aliphatic
article
beriberi
additive
productsalicylate
pickling
macromolecules
thermodynamics
sensory
milk
monosaccharide
substance
wintergreen
notably
kinetics
freezing
solvents
catalysts
phospholipids
biological
essential
polar
poultry
vitamin
lipid
soluble
hydroxyl
zinc
brix
lactic
dye
bread
water
important
hydrophobic
contamination
protein
chemists
food
hydrophilic
encompass
malic
hydrogen
emulsifier
sugar
terpenoids
molecules
agar

**Published by/ D.T Mahmoud sultan**

For more books and articles join to the channel in Telegram

https://t.me/Mss01098772552

**WhatsApp: 00201098772552**